

Impacte da herbivoria e variabilidade na resistência de *Eucalyptus* sp. a *Gonipterus scutellatus*

Ana Raquel Reis Alves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Gestão e Conservação de Recursos Naturais

Orientador: Doutora Manuela Branco

Co-orientador: Engenheira Clara Araújo

Júri:

Presidente: Doutora Maria Teresa Marques Ferreira da Cunha Cardoso, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Vogais: Doutora Maria Helena Mendes da Costa Ferreira Correia de Oliveira, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutora Manuela Rodrigues Branco Simões, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Lisboa, 2010

AGRADECIMENTOS

Esta tese, apesar do processo solitário a que qualquer investigador está destinado, reúne contributos de várias pessoas. Desde o início contei com a confiança e o apoio de inúmeras pessoas sem as quais não teria de forma nenhuma conseguido chegar aqui. A todos eles deixo o meu agradecimento sincero.

Às minhas orientadoras **Prof. Manuela Branco** e **Eng. Clara Araújo** agradeço pelo apoio incansável, partilha de conhecimentos, e exemplo de dedicação. Acima de tudo, agradeço pela oportunidade que me deram e por me apoiarem nestes curtos anos em que tive o prazer e o privilégio de trabalhar com elas.

O meu trabalho foi desenvolvido ao abrigo de uma bolsa de investigação no âmbito de um protocolo entre o Instituto Superior de Agronomia e a AltriFlorestal. Agradeço sinceramente a estas instituições pela oportunidade que me concederam.

Gostaria de agradecer aos colegas do Departamento de Investigação e Desenvolvimento da AltriFlorestal, os quais, mais do que colegas, são amigos e companheiros de jornada: Eng. Ana Filipa Rodrigues, José Ventura, Dra. Lucinda Neves, Eng. Luís Leal, Manuel Pires, Eng. Mário Louro, e Paula Ribeiro.

Agradeço ao Eng. Luís Ferreira e à Julieta Sousa pela paciência e colaboração em todos os trabalhos que envolveram dados de inventário e mapas.

Aos meus amigos agradeço pela compreensão e por não me terem cobrado todas as vezes que deixei de estar com eles. Deixo um agradecimento especial ao João, Tabico, Vitinho, e Luís.

Finalmente, deixo a minha gratidão à minha família: ao meu irmão Tiago, à Ni e à minha avó. À minha mãe, eu agradeço por tudo. Se especificasse as razões, não me sobriariam páginas para falar do gorgulho do eucalipto.

Obrigada a todos os que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho e que me estimularam.

RESUMO

O gorgulho do eucalipto, *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Coleóptera: Curculionidae) é um insecto desfolhador originário da Austrália que se alimenta de folhas de eucalipto. Este trabalho teve dois objectivos principais: 1) estimar os níveis populacionais de *G. scutellatus* e de *A. nitens* em povoamentos de eucalipto da AltriFlorestal, avaliar o nível de estragos e o impacte da praga em termos de redução na produção de madeira de eucalipto; 2) estudar a susceptibilidade de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. a *G. scutellatus* e a performance de larvas e insectos adultos de *G. scutellatus* perante diferentes genótipos de *Eucalyptus* sp..

Verificou-se que as desfolhas provocadas por *G. scutellatus* aumentam linearmente com a altitude chegando a atingir os 90%. Em contrapartida, as taxas de parasitismo de *A. nitens* diminuem, revelando a dificuldade que o parasitóide tem em se estabelecer em zonas frias. Nas zonas mais afectadas, com 30 a 75% do terço superior da copa desfolhada, estimou-se uma diminuição significativa na produção de madeira em cerca de 40%. Esta perda de produção é substancialmente maior quanto maior foi a desfolha, chegando a perdas de 90% de madeira utilizável quando a desfolha é superior a 75%.

Existe variabilidade no ataque provocado por *G. scutellatus* em genótipos de *Eucalyptus* sp.. Esta diversidade de ataque é provocada quer pelos insectos adultos, que fazem distinção de clones para a sua alimentação e para a oviposição, quer pelas larvas, que manifestaram desenvolvimentos diferentes consoante os materiais genéticos de eucalipto de que se alimentam.

Palavras chave: *Gonipterus scutellatus*, estrados, prejuízos, resistência, susceptibilidade.

ABSTRACT

The eucalyptus snout beetle, *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) is a defoliating insect original from Australia that feeds on eucalyptus leaves. This work had two main objectives: 1) to estimate the population levels of *G. scutellatus* and *A. nitens* in eucalyptus plantations of AltiFlorestal, evaluate the amount of damages and the impact of the plague in the reduction of eucalyptus timber production; 2) to study the susceptibility of different genetic materials of *Eucalyptus* sp. to *G. scutellatus* and the performance of larvae and adult insects of *G. scutellatus* before different genotypes of *Eucalyptus* sp..

We verified that the defoliations caused by *G. scutellatus* increase linearly with the altitude, up to 90%. On the other hand, the parasitism rates of *A. nitens* decrease, revealing how difficult it is for the insect to establish in cold areas. The areas that are more affected, with 30 to 75% of defoliation in the upper third of the canopy, we estimated a significant loss in the production of timber around 40%. This production loss is substantially greater the greater the defoliation is, with losses up to 80% of usable timber when the defoliation is greater than 75%.

There is a variability in the attack caused by *G. scutellatus* in genotips of *Eucalyptus* sp.. This diversity is provoked not only by the adult insects, that distinguish the clones for their feeding and egg laying, but by the larvae too, that demonstrate different developments according to the eucalyptus genetic materials they feed upon.

Keywords: *Gonipterus scutellatus*, strata, losses, resistance, susceptibility.

EXTENDED ABSTRACT

The eucalyptus snout beetle, *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal 1833 (Coleoptera: Curculionidae) is a phytophagous insect original from Australia that feeds upon several species of eucalyptus (Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000; EPPO, 2005; Wilcken *et al.*, 2008). Its current distribution includes several countries in Africa, South America, Oceania, Europe and the state of California, USA. Due to the damages that this insect causes throughout several regions of the world where it can be found, it is regarded as the main species of snout beetle defoliator of eucalyptus (Wilcken *et al.*, 2008).

The *G. scutellatus* causes damages as larvae, as well as adult (Mansilla Vázquez, 1992). When they hatch, the larvae scrape the surface of the leaves, epidermis and mesophyll, opening galleries without drilling the opposite epidermis. When they are more developed, they feed upon all the limbo of leaves and young sprouts. The adults consume the extremities of leaves and young branches (Tooke, 1955). This snout beetle prefers vigorous trees, that are not under stress (Wilcken *et al.*, 2008). The damages are caused mainly in the upper third of the canopy, in young adult leaves and sprouts, that is, in meristematic areas where the plants are growing and developing.

The first reference to *G. scutellatus* as a non-native species dates back to the beginning of the 20th century, with registered occurrences in New Zealand and South Africa (Tooke, 1955). The *G. scutellatus* can be found in Portugal since 1995 (Sousa e Ferreira, 1996), just three years after being referenced in Spain (Mansilla Vázquez, 1992). The severity of the attack increases with the altitude. In Portugal, the defoliations gain significance above 400m (Valente *et al.*, 2004). Not only this insect spreads easily, but the commerce and transport of eucalyptus timber must have contributed strongly to the dissemination of the snout beetle through several continents and countries (Mansilla Vázquez, 1992).

Since the *G. scutellatus* revealed itself as a menace to the eucalyptus plantations, several forms of control have been tested and applied. Though some methods, such as biological control, brought significant improvements, none has proven to be completely effective until now.

The selection of genetic materials resistant and tolerant with *G. scutellatus* may become a promising route. In this context, it becomes necessary to know the behaviour of *G. scutellatus* before different genotypes and understand which characteristics of the leaves provide to the several materials more or less attractiveness and tolerance.

This work had two main objectives: 1) to estimate the population levels of *G. scutellatus* and *A. nitens* in eucalyptus plantations of AltriFlorestal, evaluate the amount of damages and the impact of the plague in the reduction of eucalyptus timber production; 2) to study the susceptibility of different genetic materials of *Eucalyptus* sp. to *G. scutellatus* and the performance of larvae and adult insects of *G. scutellatus* before different genotypes of *Eucalyptus* sp..

We verified that the defoliations caused by *G. scutellatus* increase linearly with the altitude, up to 90%. On the other hand, the parasitism rates of *A. nitens* decrease, revealing how difficult it is for the insect to establish in cold areas. The areas that are more affected, with 30 to 75% of defoliation in the upper third of the canopy, we estimated a significant loss in the production of timber around 40%. This production loss is substantially greater the greater the defoliation is, with losses up to 80% of usable timber when the defoliation is greater than 75%.

There is a variability in the attack caused by *G. scutellatus* in genotips of *Eucalyptus* sp.. This diversity is provoked not only by the adult insects, that distinguish the clones for their feeding and egg laying, but by the larvae too, that demonstrate different developments according to the eucalyptus genetic materials they feed upon.

Keywords: *Goniapterus scutellatus*, strata, losses, resistance, susceptibility.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	- 8 -
2. ENQUADRAMENTO DO TEMA	- 10 -
2.1. O EUCALIPTO EM PORTUGAL	- 10 -
2.2. INVASÕES BIOLÓGICAS EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO	- 10 -
2.3. O GORGULHO DO EUCALIPTO – BIOLOGIA E FORMAS DE CONTROLO	- 12 -
2.4. MECANISMOS DE SUSCEPTIBILIDADE	- 19 -
2.5. IMPACTES ECOLÓGICOS E ECONÓMICOS DA HERBIVORIA	- 22 -
3. MONITORIZAÇÃO, AVALIAÇÃO DE ESTRAGOS E PREJUÍZOS.....	- 24 -
3.1. MATERIAL E MÉTODOS	- 25 -
3.2. RESULTADOS	- 29 -
3.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	- 34 -
4. VARIABILIDADE DE <i>EUCALYPTUS</i> NA SUSCEPTIBILIDADE À HERBIVORIA	- 37 -
4.1. MATERIAL E MÉTODOS	- 37 -
4.2. RESULTADOS	- 42 -
4.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	- 49 -
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	- 51 -
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 53 -

1. INTRODUÇÃO

O gorgulho do eucalipto, *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal 1833 (Coleoptera: Curculionidae) é um insecto fitófago originário da Austrália que se alimenta de diversas espécies de eucalipto (Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000; EPPO, 2005; Wilcken *et al*, 2008). A sua distribuição actual inclui vários países distribuídos por África, América do Sul, Oceânia, Europa, e estado da Califórnia, EUA. Devido aos estragos que este insecto causa em várias regiões do Mundo onde está presente, é considerado a principal espécie de gorgulho desfolhador do eucalipto (Wilcken *et al*, 2008).

G. scutellatus causa estragos quer no seu estágio larvar, quer na forma adulta (Mansilla Vázquez, 1992). Quando eclodem, as larvas raspam a superfície das folhas, epiderme e mesófilo, abrindo galerias sem perfurar a epiderme oposta. Quando mais desenvolvidas, alimentam-se de todo o limbo das folhas e rebentos jovens. Os adultos consomem as extremidades das folhas e ramos jovens (Tooke, 1955). Este gorgulho tem preferência por árvores vigorosas, que não estejam submetidas a stress (Wilcken *et al*, 2008). Os estragos são causados principalmente no terço superior da copa, nas folhas adultas jovens e nos rebentos, ou seja, em regiões meristemáticas onde as plantas estão em crescimento e desenvolvimento.

A primeira referência a *G. scutellatus* como espécie alóctone remonta ao início do século XX, com ocorrências registadas na Nova Zelândia e África do Sul (Tooke, 1955). Em Portugal, *G. scutellatus* está presente desde 1995 (Sousa e Ferreira, 1996), apenas três anos após ter sido referenciado em Espanha (Mansilla Vázquez, 1992). A severidade do ataque aumenta com a altitude. Em Portugal, as desfolhas começam a ser significativas a partir dos 400m (Valente *et al.*, 2004). Para além da facilidade de dispersão deste insecto, o comércio e transporte de madeira de eucalipto terão facilitado fortemente a disseminação do gorgulho pelos diversos continentes e países (Mansilla Vázquez, 1992).

Desde que *G. scutellatus* se revelou uma ameaça às plantações de eucalipto, várias formas de controlo têm sido testadas e aplicadas. Apesar de alguns métodos, como o controlo biológico, terem trazido melhorias significativas, nenhum se revelou até à data totalmente eficaz.

A selecção de materiais genéticos resistentes e tolerantes a *G. scutellatus* poderá ser um caminho promissor. Neste contexto, torna-se necessário conhecer o comportamento de *G. scutellatus* perante diferentes genótipos e perceber que características das folhas conferem aos diferentes materiais maior ou menor atractividade e tolerância.

Este trabalho divide-se em duas partes distintas. Primeiramente, são quantificados os níveis populacionais de *G. scutellatus* e o seu impacte. Para tal estimou-se a densidade de insectos adultos, larvas e ootecas, em diversos povoamentos da AltriFlorestal. Os níveis populacionais de gorgulho do eucalipto foram depois correlacionados com os estragos provocados nas árvores, através da avaliação da desfolha. As densidades do parasitóide *Anaphes nitens* foram igualmente estimadas, embora de uma forma indirecta, através da determinação de percentagem de ootecas parasitadas. Posteriormente, é apresentada uma estimativa das perdas de produção de madeira de eucalipto causadas pela actividade de *G. scutellatus*, por comparação da produção estimada de madeira antes e depois da instalação de *G. scutellatus* em Portugal.

A segunda parte deste trabalho diz respeito à variabilidade de *Eucalyptus* sp. na susceptibilidade à herbivoria. Este capítulo começa por apresentar um estudo da variabilidade na susceptibilidade de *Eucalyptus* sp. aos estragos infligidos por *G. scutellatus*, mediante a observação de diferentes materiais genéticos atacados pelo gorgulho do eucalipto em ensaios de genética da AltriFlorestal. Adicionalmente são apresentados resultados de experiências que tiveram como objectivo estudar o comportamento da praga perante genótipos de *Eucalyptus* sp. distintos, nomeadamente: estudo do comportamento de selecção de plantas hospedeiras por *G. scutellatus* no que respeita à preferência dos insectos adultos para alimentação e à preferência das fêmeas para a oviposição e desenvolvimento de larvas alimentadas com eucaliptos de genótipos diferentes.

2. ENQUADRAMENTO DO TEMA

2.1. O eucalipto em Portugal

O género *Eucalyptus* foi pela primeira vez estudado e descrito pelo francês L'Héritier em 1786 (Radich, 1994). No século XX, o eucalipto ficou mundialmente reconhecido pelo seu rápido crescimento, excelentes características papeleiras da fibra, capacidade de rebentar de toíça e baixa percentagem de casca (Florestas de Portugal, 2000).

O eucalipto está presente em Portugal desde a década de 1850, onde começou por ser plantado como uma espécie ornamental. No nosso país, o eucalipto encontrou condições edafo-climáticas favoráveis, e o seu uso foi alargado para a carpintaria, para a construção naval, e para fins farmacêuticos através do uso do eucaliptol (Radich, 1994).

No final do século XX o eucalipto começou a ser usado como matéria-prima no fabrico de pasta de papel e biomassa levando à sua plantação em larga escala. A área plantada de eucalipto era então de, aproximadamente, 450 mil hectares, na sua larga maioria por *E. globulus* Labill (Radich, 1994).

De acordo com os dados do 5º Inventário Florestal Nacional (2010), da Autoridade Florestal Nacional, a floresta portuguesa ocupa 3,45 milhões de hectares, que correspondem a 39% do território nacional. O eucalipto é a segunda espécie mais abundante, ocupando uma área de 740 mil hectares, com 46 milhões de m³ em pé.

2.2. Invasões biológicas em plantações de eucalipto

Fora da sua área geográfica de origem, o eucalipto encontrou, de uma forma global, condições favoráveis ao seu desenvolvimento, oferecendo produções elevadas. Duas teorias explicam, em parte, este sucesso. A primeira é a teoria do 'inimigo livre', que afirma que as espécies exóticas quando introduzidas em novas regiões e ecossistemas são favorecidas pela ausência de inimigos naturais, como sejam, no caso das plantas, insectos desfolhadores, fungos ou nemátodes (e.g. Hill, 1977; Wolfe, 2002). Uma outra teoria defende a existência de um 'vácuo ecológico', ou de existência de nichos vazios que são preenchidos pelas espécies exóticas. As exóticas podem ter adaptação fácil a novos habitats devido à diminuição ou inexistência de restrições ambientais e pouca pressão competitiva causada pela vegetação espontânea, resultando numa utilização eficiente dos recursos naturais disponíveis.

Em parte explicado pela primeira hipótese, durante algumas décadas, as espécies de *Eucalyptus* sp. encontraram nos locais onde foram introduzidas, condições para bom desenvolvimento, livres de agentes patogénicos e de competidores que naturalmente lhe estão associados. Todavia, ao longo dos anos foram surgindo pragas e doenças associadas ao eucalipto.

De uma forma geral, a mudança do estado sanitário das plantas exóticas pode ser devida a dois factores: 1) Introdução accidental de fitófagos naturais que estavam associados a essas plantas no seu local de origem; 2) deslocamento de fitófagos de hospedeiros locais para as espécies introduzidas (Branco, 2007). Sendo o eucalipto uma espécie taxonomicamente distante da flora nativa de Portugal e da Europa, a hipótese de migração de patogénicos nativos para o eucalipto está afastada, uma vez que os agentes, mesmo os generalistas, não estão adaptados ao género *Eucalyptus*. Já a hipótese de introdução accidental de fitófagos oriundos da Austrália é mais consistente. Os fitófagos causadores de danos nos eucaliptos terão sido introduzidos por vários meios, sendo o comércio e transporte internacional de madeira o mais provável (Mansilla Vázquez, 1992). De facto, até à data, os agentes causadores de danos no eucalipto em Portugal têm igual proveniência, *i.e.*, são originários da Austrália, embora possam ter vindo não directamente da Austrália, mas indirectamente através de trocas comerciais com África e América do Sul. O número de espécies introduzidas tem aumentado nas últimas décadas, sendo de esperar que continuem a surgir no futuro agentes patogénicos do eucalipto em Portugal (Figura 1).

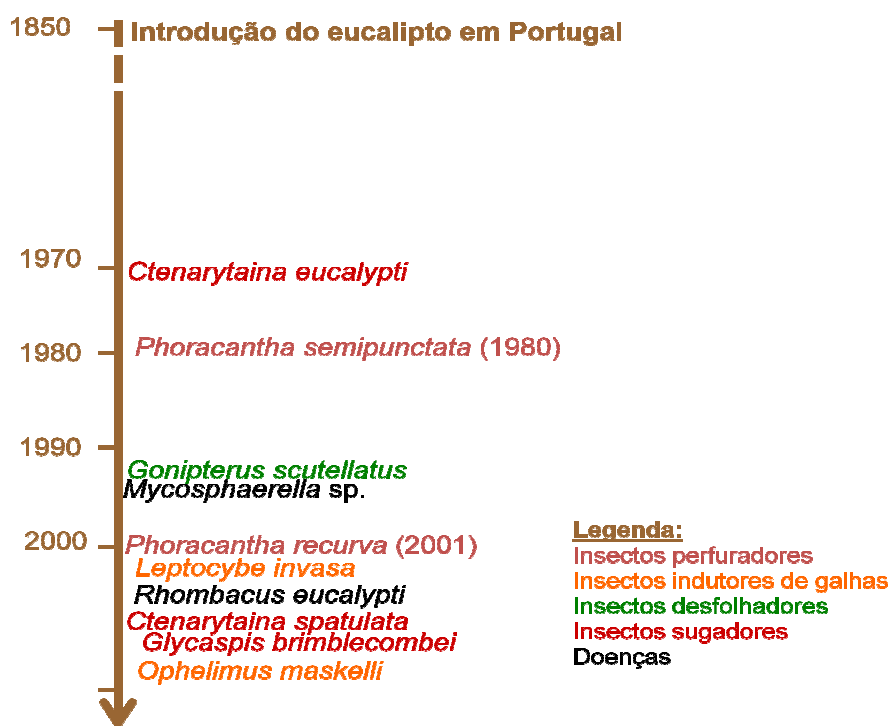


Figura 1 - Evolução do surgimento de insectos e fungos associados ao eucalipto em Portugal.

Uma vez introduzidos, a dispersão dos insectos é bastante rápida, pois para além de condições ambientais favoráveis, os insectos beneficiam, também eles, do estatuto de 'inimigo livre' já referido anteriormente (Agrawal e Kotanen, 2003). Isto é, para além de encontrarem árvores vigorosas e em bom estado vegetativo, os fitófagos estão livres dos seus predadores que lhes estavam associados no seu local de origem. Em Portugal, a primeira praga do eucalipto a causar estragos severos foi o perfurador do eucalipto, *Phoracantha semipunctata*, observado pela primeira vez em 1980 (Araújo *et al.*, 1985).

2.3. O gorgulho do eucalipto – biologia e formas de controlo

O gorgulho do eucalipto, *Gonipterus scutellatus* Gyll., foi detectado pela primeira vez como alóctone na África do Sul em 1916 (Debach e Rosen, 1991). Até essa data, este insecto passou praticamente despercebido, pois no seu local de origem tinha muito pouca expressão (Smith *et al.*, 1992). Fora do seu habitat natural e na ausência de inimigos naturais, o gorgulho do eucalipto rapidamente se disseminou e tornou praga em vários países africanos (Ilhas Maurícias, Ilha de Santa Helena, Moçambique, Lesoto, Madagáscar, Malawi, Quénia, Suazilândia, Uganda e Zimbabué) (Rabasse e Perrin, 1979). Em poucos anos esta espécie disseminou-se por outras regiões e continentes onde a cultura do Eucalipto assume importância económica, em particular na América do Sul (Argentina, Brasil, Chile, Uruguai), Europa do Sul (Espanha, França, Itália e Portugal), América do Norte, estado da Califórnia (E.U.A.) e China (Cordero Rivera *et al.*, 1999; Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2003; EPPO, 2005; Mansilla Vázquez, 1992; Lanfrango e Dungey, 2001; Rabasse e Perrin, 1979; Richardson e Meakins, 1986; Wilcken *et al.*, 2008) (Figura 2). Na Europa, *G. scutellatus* surgiu em 1976, primeiro em Itália (Arzone e Meotto, 1978; Sampo, 1976), dois anos mais tarde na França, em 1991 em Espanha (Mansilla Vázquez, 1992; Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996) e em Portugal em 1995 (Sousa e Ferreira, 1996).

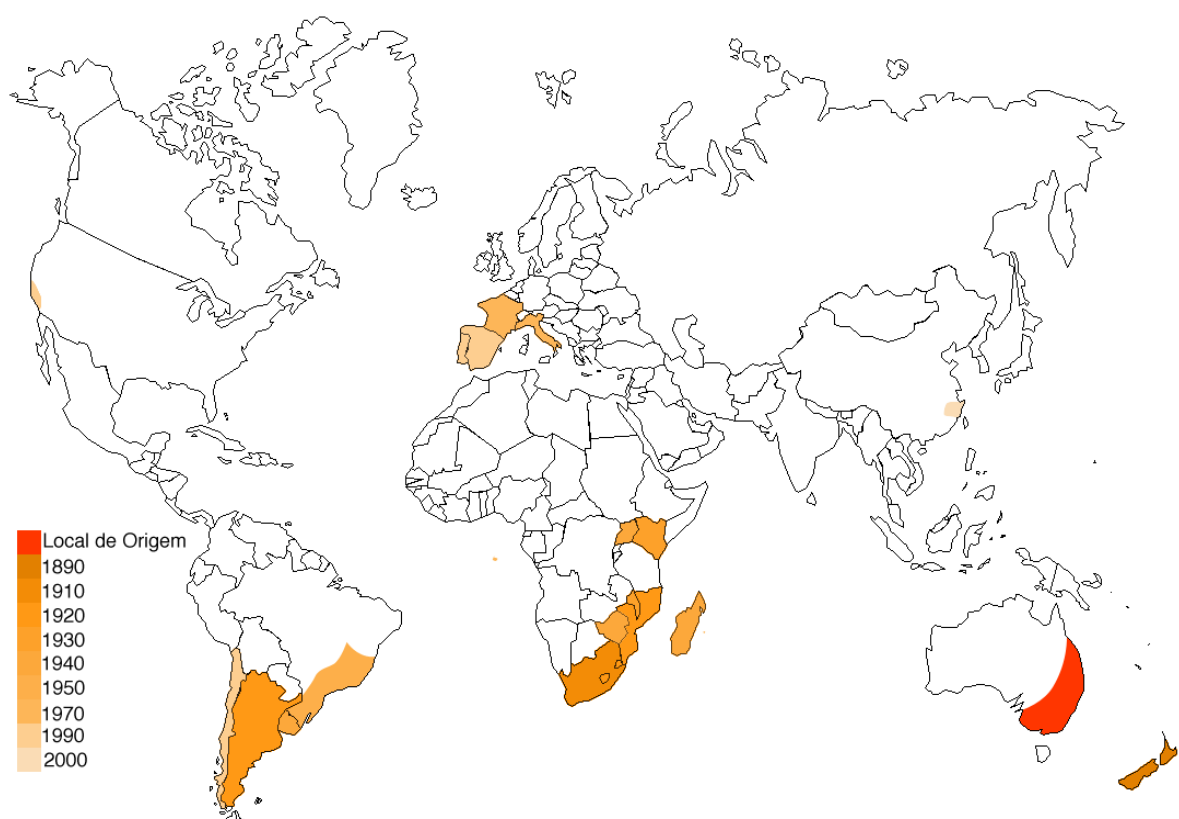


Figura 2 - Dispersão aproximada de *G. scutellatus*.

A capacidade de dispersão deste insecto é muito grande. É característico do gorgulho do eucalipto soltar-se das árvores quando estas são abanadas e agarrar-se firmemente aos locais onde pousam (Freitas, 1991). O tráfego de camiões de madeira junto a povoações muito infestadas terá facilitado a dispersão do insecto (Hanks *et al.*, 2000). Segundo Tooke (1955), nos primeiros 5 anos após o gorgulho do eucalipto ter surgido na África do Sul, a sua dispersão foi de 100km por ano.

Biologia do gorgulho do eucalipto

O gorgulho do eucalipto é um insecto desfolhador que causa estragos no seu estado larvar e adulto, atacando principalmente o terço superior da planta hospedeira onde se concentram os rebentos mais jovens (Figura 3) (Mansilla Vázquez, 1992).



Figura 3 - Árvores com desfolhas provocadas por *Gonipterus scutellatus* Gyll. Concelho de Arouca, 2008. Fotos da autora.

O ciclo de vida de *G. scutellatus* varia com as condições climáticas. Na Europa *G. scutellatus* tem, normalmente, duas gerações por ano (Arzone e Meotto, 1978; Rabasse e Perrin, 1979) (Quadro I). Os insectos adultos emergem em Fevereiro-Março, correspondendo estes indivíduos à geração do inverno anterior. Os adultos tendem a alimentar-se nas extremidades das folhas e em ramos tenros (Tooke, 1995).

As fêmeas de *G. scutellatus* são poliândricas, copulam várias vezes, e fazem posturas durante cerca de 90 dias. Em laboratório, os insectos adultos copulam 4 a 9 dias após a sua emergência e iniciam a postura de ovos passados 13 a 21 dias (Smith *et al.*, 1992). Os ovos são depositados em grupos de 8 a 10, envoltos por uma cápsula, constituindo uma massa denominada “ooteca” (Figura 4). Cada fêmea deposita entre 700 e 900 ovos durante a sua vida (Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996).

O desenvolvimento embrionário dura 10 a 15 dias. As larvas recém-eclodidas raspam a superfície foliar, alimentando-se da epiderme e mesófilo. Quando mais desenvolvidas, alimentam-se indiscriminadamente de qualquer área das folhas e rebentos jovens (Tooke, 1995) (Figura 4). Ao fim de, aproximadamente, 30 dias as larvas estão prontas para pupar, soltam-se das folhas e enterram-se no solo, a cerca de 10 a 15cm de profundidade, onde permanecem entre 30 a 50 dias até à emergência do insecto adulto.

Cada insecto adulto vive entre 6 meses a 1 ano. Pode ocorrer um período de semi-latência estival nos meses de Verão, onde a actividade do insecto cessa (Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996).

Quadro I - Ciclo de vida de *Gonipterus scutellatus* Gyll.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Adulto	++	+++	+++	+++	++	+	+++	+++	+++	+++		
Ooteca	
Larva			--	---	---	--				--	---	---
Pupa

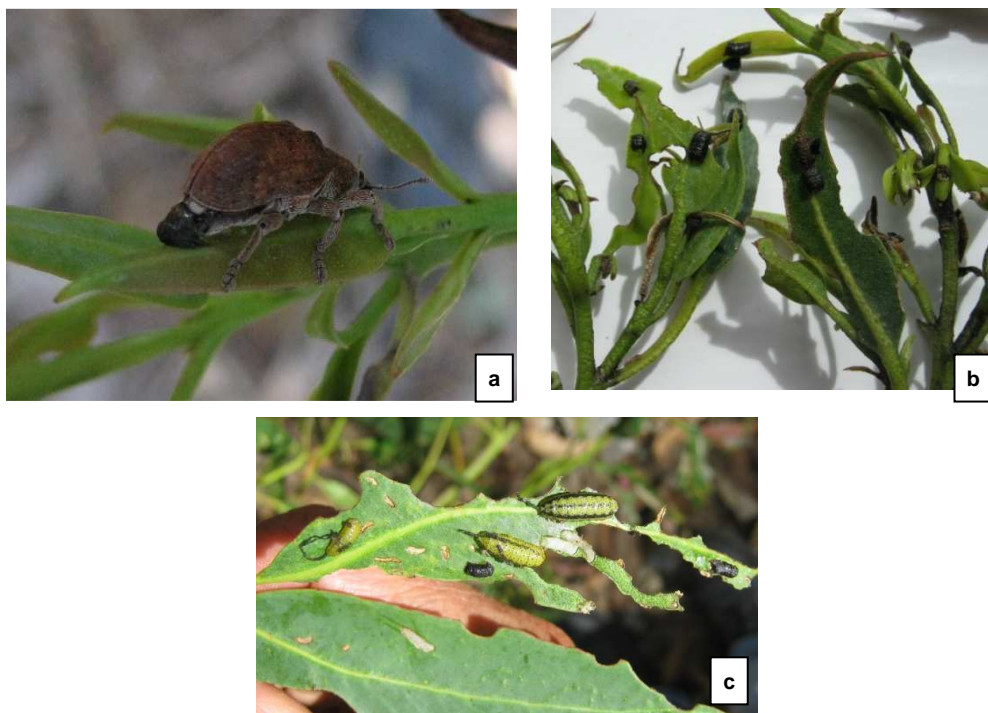


Figura 4 - a) Insecto adulto de *G. scutellatus* (fêmea) a depositar ovos. b) Raminhos de eucalipto com ootecas frescas. c) Larvas de *G. scutellatus* em folhas de eucalipto. Fotos da autora.

Formas de controlo testadas

Tal como para outros insectos que constituem pragas florestais, várias estratégias de controlo têm sido testadas e aplicadas, destacando-se entre estas o controlo químico, biológico e genético. Não sendo conhecidas feromonas neste insecto, outras estratégias, nomeadamente biotécnicas, não foram testadas neste organismo.

Controlo químico

Apesar da possibilidade do controlo deste insecto poder ser feito através do uso de insecticidas selectivos do grupo das antiquitinas, o seu controlo químico é condicionado pelos possíveis impactes ecológicos negativos (Loch, 2005), podendo comprometer a certificação dos produtos florestais. Por outro lado, o facto de esta espécie ter várias gerações por ano e taxas elevadas de crescimento das populações, implica a necessidade da repetição de tratamentos a intervalos curtos, com frequência no mesmo ano, o que resulta em custos económicos elevados e resultados nem sempre muito eficazes.

Controlo biológico

O controlo biológico de pragas consiste na redução das populações de uma espécie através dos seus inimigos naturais, sendo este processo facilitado pela mão humana. Os inimigos naturais de pragas, conhecidos como “agentes de controlo biológico”, podem ser de vários tipos, como predadores, agentes patogénicos, parasitóides.

O “controlo biológico clássico” baseia-se na introdução de inimigos naturais em locais onde eles não existiam naturalmente, com o intuito de controlar uma praga específica. Este processo é frequentemente usado quando ocorre a introdução accidental de um insecto numa nova região geográfica, sem que este seja acompanhado dos seus inimigos naturais. Esta forma de controlo passa pelo processo de identificar o habitat de origem da espécie que se pretende combater, colher inimigos naturais e fazer passar esses indivíduos por um rigoroso processo de quarentena a fim de garantir que não serão introduzidos organismos indesejados. Esta espécie é, então, multiplicada em laboratório e libertada no campo. Quando o inimigo natural se estabelece com sucesso, não é necessário proceder a novas largadas, o que faz deste método uma forma de controlo económica e efectiva. Quando os agentes de controlo não se estabelecem com eficácia no campo e a sua densidade não é suficiente para controlar a praga, há necessidade de aumentar as suas populações fazendo largadas periódicas. Este método é denominado “controlo biológico aumentativo”. As largadas dizem-se “inundativas” quando são na ordem dos milhares de indivíduos libertos.

Até à data, o único agente de controlo biológico disponível no combate ao gorgulho do eucalipto é o parasitóide oófago *Anaphes nitens* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). *A. nitens* foi introduzido pela primeira vez, na África do Sul, em 1926 (Mossop, 1929; Tooke, 1955). Esta pequena vespa deposita os seus ovos no interior dos ovos do gorgulho. Por cada ovo parasitado desenvolve-se uma vespa, causando mortalidade no respectivo embrião de *G. scutellatus*.

Na maioria das regiões, fora da Austrália, onde este agente foi introduzido, as suas populações estabeleceram-se com sucesso contribuindo eficazmente para o declínio populacional de *G. scutellatus* e para a redução do seu impacto na produção de eucalipto, constituindo o principal meio para a redução dos estragos resultantes da actividade do gorgulho do eucalipto (e.g. Cordero Rivera *et al.*, 1999; Hanks *et al.*, 2000; Paine *et al.*, 2000; Sanches, 2000, Williams, *et al.*, 1951). Porém, nalgumas regiões do mundo as populações de *A. nitens* não se estabeleceram eficazmente, o que poderá ser devido a condições ambientais desfavoráveis. Nesta situação encontra-se grande parte das regiões Centro e Norte de Portugal e Galiza, parte da América Latina (Chile e Argentina) e algumas zonas da África do Sul. Nestas regiões as taxas de parasitismo são muito baixas e o controlo biológico das populações de *G. scutellatus* não é eficaz nem suficiente para reduzir os estragos a níveis aceitáveis. Porém, mesmo em locais onde a luta biológica é normalmente eficaz, podem, também, surgir estragos pontuais, devido à dinâmica das populações em causa. O controlo biológico teve sucesso, levando a ocorrências da praga apenas esporádicas e localizadas, sobretudo nas regiões mais quentes, de climas Mediterrânico e Subtropical (e.g. Cordero Rivera *et al.*, 1999; Hanks *et al.*, 2000; Paine *et al.*, 2000; Sanches, 2000, Williams, *et al.*, 1951).

Controlo Genético

Alguma bibliografia e observações em campo sugerem haver diferenças de susceptibilidade entre materiais genéticos de eucalipto, em particular entre diferentes espécies de eucaliptos. Por exemplo, em Portugal, *E. nitens*, uma das espécies de eucalipto bem adaptadas às condições ambientais das regiões onde o gorgulho provoca estragos severos, parece, empiricamente, ser menos preferida por este insecto por comparação a plantações de *E. globulus* nas mesmas áreas. No entanto, a bibliografia existente não é unânime quanto à susceptibilidade das diferentes espécies (Quadro II). A susceptibilidade de *Eucalyptus* sp. poderá ser influenciada por vários factores, entre os quais o seu estado sanitário, a relação entre número de árvores disponíveis e densidade da praga e a proveniência da espécie (Clarke *et al.*, 1998).

A selecção de génotipos de eucalipto resistentes poderá ser, no entanto, uma peça fundamental na gestão integrada de pragas. Compreendendo os mecanismos de interacção entre as plantas e os seus herbívoros e patogénicos, será possível instalar plantas resistentes ou menos susceptíveis em locais onde o risco para certas pragas é maior.

Quadro II - Susceptibilidade de *Eucalyptus* sp. a *Gonipterus scutellatus* reportada por vários autores (RR- muito resistente; R- resistente; MR- moderadamente resistente; S- susceptível, SS- muito susceptível).

Espécie	País	Susceptibilidade	Fonte
<i>E. amygdalina</i>	Espanha	RR	Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000
	Tasmânia	SS ^a	Clarke <i>et al.</i> , 1998
<i>E. camaldulensis</i>	Madagascar	SS	Frappa, 1950
	África do Sul	MR	Richardson e Meakins, 1986
	Chile	SS	Huerta Fuentes <i>et al.</i> , 2008b
	Brasil	SS	Pereira, 1997
<i>E. cornuta</i>	Madagascar	SS	Frappa, 1950
	Espanha	RR	Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000
<i>E. globulus</i>	Madagascar	SS	Frappa, 1950
	Kenya	SS	Kevan, 1946
	África do Sul	S	Cowles e Downer, 1995
	África do Sul	SS	Tooke, 1955
	Chile	S	Huerta Fuentes <i>et al.</i> , 2008b
	Brasil	SS	Pereira, 1997
	Itália	SS	Arzone e Meotto, 1978
	Espanha	SS	Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996
	Espanha	SS	Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000
	Austrália	S	Tooke, 1955
	Tasmânia	R ^b	Clarke <i>et al.</i> , 1998
<i>E. obliqua</i>	África do Sul	MR	Tooke, 1955
	Espanha	SS	Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996
	Espanha	RR	Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000
	Tasmânia	R ^b	Clarke <i>et al.</i> , 1998
<i>E. pulchella</i>	África do Sul	RR	Tooke, 1955
	Tasmânia	S	Clarke <i>et al.</i> , 1998
	Tasmânia	SS ^a	Clarke <i>et al.</i> , 1998
<i>E. viminalis</i>	Madagascar	SS	Frappa, 1950
	África do Sul	SS	Cowles e Downer, 1995
	África do Sul	S	Richardson e Meakins, 1986
	Brasil	SS	Pereira, 1997
	Espanha (NW)	S	Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000
	Austrália	S	Tooke, 1955
	Tasmânia	R ^b	Clarke <i>et al.</i> , 1998

^a maior oviposição

^b menor oviposição

2.4. Mecanismos de susceptibilidade

O sucesso de uma plantação passa, em primeiro lugar, pela escolha de material genético adequado para o local pretendido. No entanto, os programas de melhoramento genético têm sido feitos com o objectivo de seleccionar árvores produtivas, dando menor atenção à susceptibilidade a agentes patogénicos (e.g. Borralho *et al.*, 2007; Hanover, 1980). Com o surgir de um número crescente de pragas e doenças afectando as plantações florestais, o melhoramento genético deve ter em vista não só a produtividade e rendimento da madeira, mas também a resistência das plantas a esses agentes (Robin e Desprez-Loustau, 1998; Wingfield e Swart, 1994). Nesta perspectiva, têm sido feitos estudos no sentido de perceber os mecanismos de resistência das plantas contra a herbivoria.

A susceptibilidade das plantas a pragas e doenças é uma característica que tem sido amplamente estudada (Bailey *et al.*, 2006; Dix *et al.*, 1996; Floate *et al.*, 1997; Fritz *et al.*, 1994; Fritz, 1999; Heidger e Lieutier, 2002; Kirkpatrick, 1975; Rousi *et al.*, 1997; Schvester e Ughetto, 1986; Stiling e Rossi, 1996). Sabe-se que a susceptibilidade varia em função de factores ambientais, em particular os que afectam a fisiologia das plantas, e de factores genéticos.

Quanto aos factores genéticos, é sabido que diferentes materiais genéticos apresentam diferenças de susceptibilidade a agentes bióticos, como os insectos (e.g. Barre *et al.*, 2002; le Cocq *et al.* 2005; Jactel *et al.*, 1996; Zas *et al.*, 2005), mamíferos (O'Reilly-Waspstra *et al.*, 2002; Rousi *et al.*, 1997) e agentes patogénicos (e.g. Carnegie e Ades, 2005; Dungey *et al.*, 1997; Hodge e Dvorak, 2000; Milgate *et al.*, 2005; Raddi e Fagnani, 1981). Estas diferenças são observáveis quando se comparam diferentes espécies (inter-específicas), mas também entre diferentes materiais genéticos de uma mesma espécie (intra-específicas).

G. scutellatus tem revelado preferência por determinadas espécies de eucalipto em detrimento de outras em diferentes países onde esta praga está instalada. Esta preferência depende, em parte, da disponibilidade local de espécies (Clarke *et al.*, 1998). Em Itália, Espanha e Portugal, o gorgulho do eucalipto tem mostrado preferência por *E. globulus* em detrimento de outras espécies (e.g. Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000; Arzone e Meotto, 1978; Mansilla Vázquez e Pérez Otero, 1996).

De uma forma geral, as plantas suportam até 18% de desfolha sem comprometerem o seu desenvolvimento (Cyr e Pace, 1993). Estudos sobre diferenças de susceptibilidade de *Mycosphaerella* sp., uma doença que ataca as folhas dos eucaliptos, têm verificado que existe variabilidade do nível de ataque inter- e intraespecíficas (e.g. Carnegie e Ades, 2005; Dungey *et al.*, 1997; Milgate *et al.*, 2005). No entanto, para o caso de *G. scutellatus*, pouco trabalho foi publicado a esse respeito.

As diferenças de susceptibilidade traduzem-se na variabilidade de estragos e prejuízos. Relativamente a *G. scutellatus*, por exemplo, na África do Sul, variedades susceptíveis de *E. viminalis* têm aos 5 anos de idade uma altura média de 3,4m, enquanto que variedades resistentes atingem os 7,2m. (Richardson e Meakins, 1986).

Quanto às características que influenciam a susceptibilidade dos genótipos à herbivoria, sabe-se que características morfológicas e bioquímicas das plantas podem causar alterações no metabolismo dos insectos, o que se traduz em alterações na composição das suas proteínas (Huerta Fuentes *et al.*, 2008a). O conhecimento destas variações é importante quando se pretende recorrer a estratégias genéticas de controlo biológico de pragas, pois pode revelar compostos químicos que sirvam como instrumento para alterar o seu comportamento (Huerta Fuentes *et al.*, 2008a). Em particular, a emissão de compostos voláteis pelas plantas, os quais variam consoante o estado fisiológico e a espécie envolvida, permite aos insectos a identificação e selecção de hospedeiros favoráveis (e.g. Dugravot *et al.*, 2002; Paiva *et al.*, 1993; Peacock *et al.*, 2001, Pharisa *et al.*, 2003). Os óleos essenciais pertencem ao grupo dos compostos voláteis que conferem um odor agradável às plantas. Estes óleos estão relacionados com a polinização (atraentes de insectos), defesa contra a alimentação pelos herbívoros (repelentes), substâncias de reserva, protecção em processos de cicatrização, regulação dos processos de evaporação de água, mecanismos de defesa contra outras plantas (alelopatia), entre outros (Floyd e Foley, 2001). Os óleos essenciais acumulados nas glândulas das folhas dos eucaliptos têm características antifúngicas, antimicrobianas e insecticidas (Lee *et al.*, 2001; Ramezani *et al.*, 2002; Sacchetti *et al.*, 2005).

É importante sistematizar que a susceptibilidade à herbivoria assenta em dois mecanismos principais, de algum modo alternativos: tolerância e resistência.

Tolerância

A tolerância diz respeito à capacidade da planta compensar os estragos mantendo os níveis de crescimento e reprodução. Esta característica é regulada quer por factores genéticos, quer ambientais (Strauss e Agrawal, 1999). Os principais mecanismos de tolerância à herbivoria são: i) aumento da massa fotossintética após o ataque, ii) crescimento rápido, iii) aumento do número de ramos, iv) elevados níveis e alocação de carbono nas raízes e v) capacidade de canalizar as reservas de carbono para os ramos após serem atacados (Strauss e Agrawal, 1999).

Algum trabalho tem sido feito, comparando características morfológicas e fisiológicas entre espécies com diferentes níveis de tolerância (Van der Meijden *et al.*, 1988; Prins e Verkaar,

1992; Rosenthal e Welter, 1995; Lehtilä e Syrjanen, 1995; Welter e Steggall, 1993). Apesar de importantes, estes estudos são complexos pois requerem muitas réplicas, já que as espécies variam muito nas suas características e na capacidade de tolerar a herbivoria (Strauss e Agrawal, 1999).

A tolerância pode ser quantificada pela perda de desenvolvimento das plantas atacadas, comparativamente às mesmas plantas sem ataque de herbivoria. Estes estudos devem ser feitos em plantas geneticamente muito semelhantes, como os clones, nas quais o único factor de variação seja a intensidade de ataque (Strauss e Agrawal, 1999). Do ponto de vista prático e no caso específico do ataque de *G. scutellatus*, o estudo acerca da tolerância será difícil de executar, pois requer que exista no mesmo local, e nas mesmas condições ambientais, plantas adultas de *Eucalyptus* sp. atacadas e plantas sem ataque.

O conhecimento sobre a tolerância dos diversos materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. é um dado importante na selecção de genótipos, uma vez que pode permitir a selecção de materiais tolerantes para regiões de forte incidência de *G. scutellatus*, diminuindo as perdas de produção de material lenhoso. Em locais onde o controlo biológico não tem sucesso, a selecção de materiais genéticos com baixa susceptibilidade a *G. scutellatus* poderá ser uma alternativa viável.

Resistência

A resistência refere-se à habilidade de evitar o ataque, ou seja, às características das plantas que reduzem a selecção/preferência ou performance dos herbívoros (Karban e Baldwin, 1997), e pode ser o resultado de barreiras biológicas e químicas, alterações fenológicas, ou características tóxicas.

Quanto à selecção ou preferência, vários estudos evidenciam que as fêmeas fazem distinção inter- e intraespecífica entre clones ou famílias (e.g. Alves *et al.*, 2005; Barre *et al.*, 2002; Pasquier-Barre *et al.*, 2000). Esta distinção pode ser feita visualmente, pelo olfacto, ou por sinais tácteis. Em particular nos insectos, sinais químicos emitidos pelas plantas, principalmente a combinação de compostos, podem ser determinantes na escolha dos hospedeiros (e.g. Leather, 1987).

É expectável que as fêmeas adultas prefiram depositar os seus ovos em folhas que sejam mais benéficas para a sua descendência. No entanto, estes resultados nem sempre são verificados quando se estuda a correlação entre a preferência para a oviposição e o desenvolvimento larvar (Barre *et al.*, 2002; Craig *et al.*, 1989; Leather, 1985; Thompson, 1988).

A performance dos insectos herbívoros diz respeito à sua sobrevivência e desenvolvimento, e é determinada pela capacidade dos insectos tirarem partido das características físicas e químicas das plantas. Os compostos primários e secundários das plantas determinam a qualidade do alimento. Mais concretamente, os compostos secundários determinam se o alimento é repulsivo ou até tóxico. Os estádios larvares iniciais são os mais sensíveis a estes compostos secundários. Nessa fase as larvas têm mobilidade muito reduzida, o que as impede de procurarem alimento adequado. Para além do genótipo, a qualidade do alimento das plantas hospedeiras depende da sua idade, fenologia e factores ambientais que afectam a sua fisiologia (e.g. Goverder *et al.*, 1999; McClure, 1980).

Segundo Cordero Rivera e Santolamazza Carbone (2000) existem diferenças no consumo foliar de larvas alimentadas com diferentes espécies de eucalipto. Larvas de *G. scutellatus* consomem aproximadamente 11 a 15 vezes o seu peso final durante o seu desenvolvimento quando alimentados com *E. cinerea* e *E. globulus*, e este valor sobe para 27 vezes quando alimentado com *E. obliqua*.

A fecundidade dos insectos herbívoros é, igualmente, afectada pela qualidade da planta hospedeira, sendo os compostos das folhas como o carbono, azoto e metabólitos de defesa os mais determinantes (Awmack e Leather, 2002). As características da planta hospedeira afectam também a estratégia de reprodução, pois influenciam o tamanho e qualidade dos ovos e a alocação de reservas nos ovos. As repercussões da qualidade do alimento podem ser sentidas não só ao nível do insecto, mas também ao nível da população fazendo-se sentir nas gerações seguintes (Awmack e Leather, 2002).

2.5. Impactes ecológicos e económicos da herbivoria

O gorgulho é um dos insectos fitófagos do eucalipto com maior importância económica a nível mundial, pelos prejuízos intensos que tem causado em vários locais onde está presente. Em Portugal, os maiores ataques têm sido observados no Norte e Centro do País, particularmente em eucaliptais instalados em zonas de montanha (Valente *et al.*, 2004). Isto acontece porque, embora as populações de *G. scutellatus* sejam normalmente mantidas em níveis baixos pela actividade do parasitóide *A. nitens*, nas regiões montanhosas do Norte e Centro parecem não existir condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento das populações do parasitóide, não havendo, nesses casos, controlo satisfatório da praga. As zonas onde os estragos por *G. scutellatus* têm maior expressão coincidem, em geral, com áreas de boa produtividade para o eucalipto, o que acentua a importância económica da praga.

Na maior parte das regiões onde está instalado, o gorgulho do eucalipto provoca reduções do crescimento das árvores. Quando a desfolha é pouco acentuada, a planta pode compensar o ataque, aumentando o seu metabolismo ou mobilizando reservas para a produção foliar, o que lhes confere maior tolerância. No entanto, se o nível de ataque for muito acentuado, as perdas de produção de biomassa podem ser consideráveis. Desfolhas intensas repetidas em anos sucessivos podem levar à morte das árvores (e.g. Debach e Rosen, 1991; Freitas e Berti Filho, 1994).

Em casos de populações elevadas, o gorgulho origina redução importante da área foliar e, por vezes, perda de dominância apical, causando um atraso no crescimento das árvores e desvalorização do povoamento. Em casos de ataque muito forte, as perdas podem ser totais. Segundo Parra e Gonzáles (1999), ao alimentar-se dos rebentos jovens das árvores, *G. scutellatus* pode provocar más-formações das copas e redução da altura da planta em média de 30%. Segundo os mesmos autores, só desfolhas muito intensas podem produzir atraso no crescimento que impliquem reduções económicas.

Apesar de não estarem ainda devidamente quantificados, sabe-se que o ataque de *G. scutellatus* causa impactes económicos significativos. Segundo Freitas (1991), uma árvore contendo 300 larvas, o equivalente a cerca de 40 ootecas, pode perder até 500g de folhas frescas.

Ao nível da floresta nacional de eucalipto, estima-se que as perdas causadas pela praga sejam da ordem dos 11 a 18 milhões de euros anuais (RAIZ, dados não publicados). O facto da grande maioria da indústria papeleira nacional depender da produção de madeira de eucalipto, torna este tema ainda mais premente.

3. MONITORIZAÇÃO, AVALIAÇÃO DE ESTRAGOS E PREJUÍZOS

De uma forma abrangente, entende-se por “monitorização” o acto de acompanhar algo. No caso específico de *Gonipterus scutellatus*, monitorizar compreende, neste estudo, acompanhar os povoamentos atacados, através de amostragem de populações, observação de estragos e quantificação de prejuízos económicos.

A monitorização de *G. scutellatus* e de estragos nos povoamentos atacados serve quatro objectivos distintos e fundamentais no combate a esta praga.

Primeiro, é um indicador da variação da densidade das populações de *G. scutellatus* no espaço e no tempo, permitindo conhecer a área de incidência e a dimensão das populações da praga. Todavia, a densidade de insectos adultos, larvas e ootecas são dados nem sempre fáceis de quantificar no campo, por se tratar de um insecto de pequenas dimensões a atacar árvores muitas vezes com vários metros de altura. Ainda assim, dada a importância deste tipo de informação, é importante fazer um esforço na tentativa de realizar estas contagens, não só para ter conhecimento da gravidade do problema numa determinada época, mas também para saber como evolui a praga em termos de densidade e de área de ataque permitindo planejar acções de gestão. Outro dado possível de obter com a monitorização é a quantificação do nível de estragos e prejuízos que *G. scutellatus* provoca nos povoamentos, bem como a evolução da intensidade de ataque. O terceiro objectivo diz respeito à avaliação do efeito de medidas de gestão implementadas. Uma utilização prática, a título de exemplo, é apurar no terreno o sucesso dos tratamentos biológicos mediante a libertação do parasitóide *A. nitens*. Por último, a monitorização permite alertar para a necessidade de medidas de intervenção e de gestão.

Apesar da perda de produtividade causada por *G. scutellatus* ser reconhecida por vários autores (e.g. Debach e Rosen, 1991; Lowman e Heatwole, 1992; Tooke, 1955), não há estudos acerca da quantificação do impacte económico que esta praga causa. De facto, o cálculo de uma estimativa real é uma tarefa complexa que combina diversos factores que exercem influência na actividade do gorgulho do eucalipto como o solo, clima e altitude (Cordero Rivera *et al.*, 1999). No entanto, os prejuízos causados por *G. scutellatus* podem ser quantificados, pelo menos de uma forma aproximada, pelo atraso no crescimento dos eucaliptos resultante da actividade da praga.

Esta parte do trabalho teve em vista: (1) estimar os níveis populacionais de *G. scutellatus*, níveis de estragos e sucesso do controlo biológico mediante a determinação das taxas de parasitismo de *A. nitens*; (2) estimar os prejuízos resultantes da actividade da praga através do decréscimo observado no crescimento dos eucaliptos e consequente diminuição na produção de madeira.

3.1. Material e métodos

Monitorização das populações de *G. scutellatus* e de *A. nitens* e estimativa de estragos

No ano de 2007 foram monitorizados 32 povoamentos de *Eucalyptus globulus* Labill., localizados nas regiões Centro e Norte de Portugal, representando um total de cerca de 2000ha de eucaliptal (Figura 5). Os povoamentos são património da AltriFlorestal e faziam, em 2007, parte do plano de monitorização da empresa por apresentarem estragos causados pelo gorgulho do eucalipto que variavam de fracos a intensos. Em cada povoamento foi avaliado um ponto de amostragem por cada 50ha de eucaliptal, resultando um total de 64 pontos.

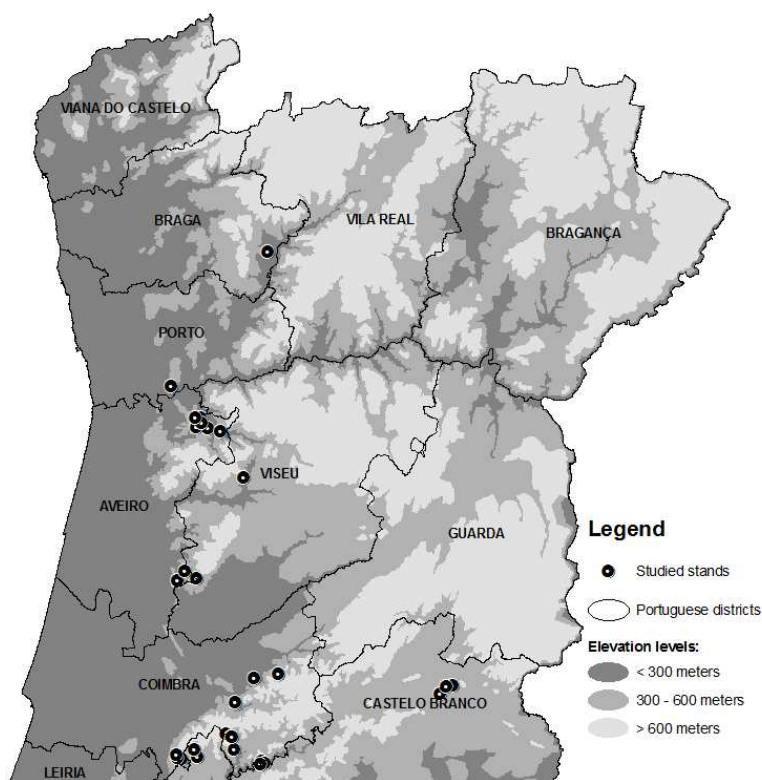


Figura 5 - Pontos de monitorização observados (2007).

A monitorização teve o objectivo de estimar os seguintes parâmetros: i) densidades de *G. scutellatus* por árvore (ootecas, larvas e insectos adultos), ii) nível de presença de *A. nitens* no campo; iii) nível de estragos causados pelo gorgulho do eucalipto.

A avaliação da densidade populacional de *G. scutellatus* e a recolha de ootecas para verificação das taxas de parasitismo por *A. nitens* foram realizadas em Fevereiro e Março de 2007, no pico da maior intensidade da praga. A avaliação de estragos foi realizada em Junho e Julho, após a desfolha de Primavera.

A altitude dos 64 pontos de amostragem foi obtida por observação dos mapas dos povoamentos com as curvas de nível inseridas e os dados das temperaturas médias foram obtidos a partir do Atlas do Ambiente (2010).

Monitorização das populações de *G. scutellatus*

Em cada um dos 64 pontos de amostragem, foi escolhida uma árvore num local representativo do terreno, a partir da qual outras duas árvores foram seleccionadas ao longo de uma linha, equidistantes de 125m. Para cada uma destas árvores recolheu-se informação sobre a densidade de ootecas, larvas e insectos adultos, e nível de estragos.

Para estimar o número de insectos adultos por árvore, as árvores foram vergadas e abanadas, para cima de uma manga plástica de 4m². Quando não era possível vergar as árvores por estas serem demasiado altas, foi usado o “método das pancadas”. A densidade de insectos adultos por árvore foi classificada segundo a escala: 0 - ausência de insectos, 1 – 1 a 20 insectos, 2 – 21 a 30 insectos, 3 – mais de 30 insectos. A escala usada foi escolhida segundo o que se achou ser razoável, com base em observações anteriores. Assumiu-se que a contagem de insectos correspondeu ao valor real absoluto de insectos, e que era possível ignorar o número de indivíduos que eventualmente não se soltassem da árvore. De facto, é característico de *G. scutellatus* soltar-se das árvores quando estas são abanadas simulando a sua morte, como estratégia de defesa (Freitas, 1991).

Em cada árvore foi contado o número de ramos jovens. Em dois ramos com folhas jovens por cada árvore contou-se o número de ootecas e larvas. O número total de larvas e ootecas por árvore foi obtido por extrapolação da observação feita nos dois ramos para o total de ramos da árvore.

Determinação da percentagem de ootecas parasitadas por *A. nitens*

Para determinação das taxas de parasitismo por *A. nitens*, em cada ponto de amostragem recolheram-se 30 ootecas frescas em árvores equidistantes cerca de 125m. As ootecas foram transportadas para laboratório em malas frigoríficas. No laboratório, cada ooteca foi individualizada numa caixa de Petri de 5cm de diâmetro, fechada com parafilme e identificada, e colocada num estufim preparado para o efeito com temperatura de dia de 22 ± 0,5°C e temperatura de noite de 20 ± 0,5°C (fotofase de 16h/8h). Passados 30 dias, contou-se o número de emergências de *A. nitens* e eclosões de larvas de *G. scutellatus*. A taxa de parasitismo de *A. nitens* foi obtida, para cada ponto de amostragem, pela percentagem de ootecas das quais emergiram adultos de *A. nitens*.

Avaliação do nível de estragos provocados por *G. scutellatus*

Em Junho e Julho de 2007, após o pico de maior actividade da praga, estimou-se o nível de estragos nos mesmos pontos de amostragem. Foi seleccionada aleatoriamente uma árvore a partir da qual se seguiu uma linha recta, avaliando os estragos no terço superior de 10 árvores equidistantes aproximadamente 5m. Para avaliação do nível de estragos, considerou-se a seguinte escala: 1 - <30% de desfolha do terço superior da copa, 2 – 30 a 75% de desfolha, 3 - >75% de desfolha.

Avaliação de prejuízos causados por *G. scutellatus*

A estimativa de prejuízos foi baseada em dados históricos de povoamentos da AltriFlorestal, através parcelas de inventário de 31 povoamentos de *E. globulus* do Norte e Centro de Portugal (Figura 6).

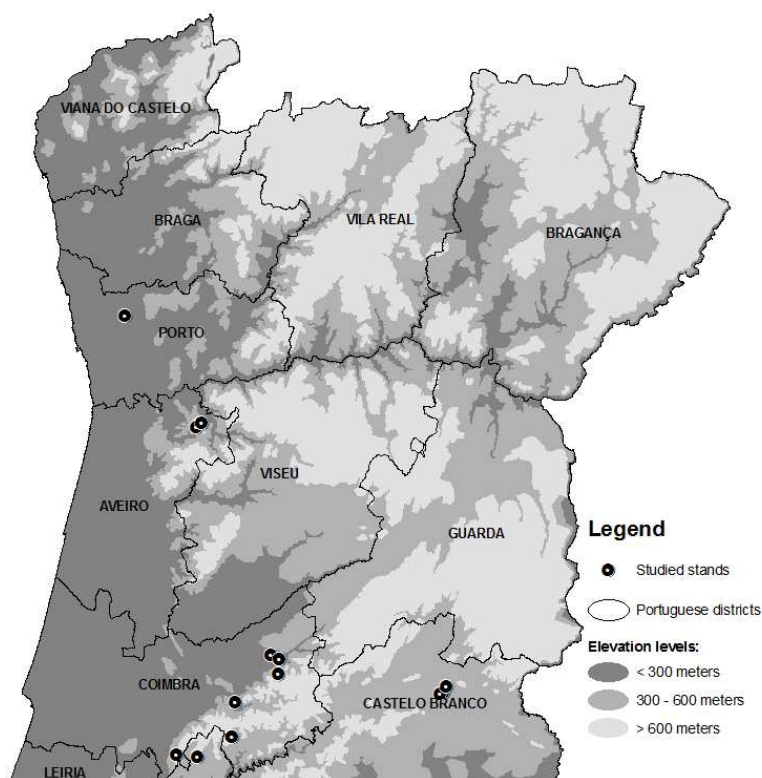


Figura 6 - Locais dos quais se recolheram dados dendrométricos (2007).

Estes 31 povoamentos tinham em comum o facto de terem sido feitos dois inventários em cada um, em dois períodos relevantes: um inventário realizado no período de 1995 – 1997, antes do estabelecimento de *G. scutellatus* em Portugal, e outro no período de 2005 – 2007,

após a praga se ter instalado. Há que referir que em 1997 o gorgulho do eucalipto já estava presente em Portugal, mas ainda não estava disseminado pelo território português, nem a causar estragos nos povoamentos de eucalipto (Valente *et al.*, 2004)

A metodologia do inventário florestal foi a implementada pela AltriFlorestal, com parcelas de inventário circulares de 900m² de área. Em cada parcela mediu-se a altura dominante e diâmetros cruzados à altura do peito das árvores.

Em 2007 procedeu-se à monitorização dos 31 povoamentos, para verificação do nível de estragos. A escala de nível de estragos utilizada foi a mesma descrita acima.

A determinação do nível de estragos nos 31 povoamentos permitiu separá-los em dois grupos: 18 povoamentos não apresentavam estragos de *G. scutellatus* em 2007 (parcelas N), enquanto os restantes 13 povoamentos tinham presença de desfolhas de *G. scutellatus* que variavam desde estragos fracos a intensos (parcelas A).

Com os dados de inventário das duas medições realizadas nas 31 parcelas de inventário foi possível projectar a altura dominante e o volume utilizável de madeira para os 10 anos de idade que é, por definição, a idade de referência usada na determinação do índice de qualidade do eucalipto (Tomé *et al.*, 2001). Entende-se por volume de madeira utilizável, o volume de madeira aproveitável para as produções de pasta de papel, ou seja, o volume do tronco de eucalipto sem casca, sem toíça e com despona aos 6cm de diâmetro.

O modelo usado para projecção dos dados foi o “Modelo de Produção da Silvicultura”, adoptado pela AltriFlorestal e desenvolvido pela Professora Doutora Margarida Tomé (não publicado). Estimou-se ainda a correlação entre a altura dominante e o volume utilizável de madeira. A obtenção de uma correlação positiva, $r=0,83$; $P<0,05$, permitiu estimar o volume em madeira dos povoamentos aos 10 anos de idade.

Ainda com as mesmas parcelas de inventário, e com as extrapolações do volume utilizável de madeira obtidas nos dois períodos (1995-97 e 2004-06), calculou-se a perda de madeira utilizável provocada pela presença de *G. scutellatus*, em percentagem. Esta perda de produção, obtida para cada parcela, foi posteriormente relacionada com o nível de estragos observados nas parcelas, em monitorizações feitas no ano de 2007.

Análise de dados

O número de insectos adultos foi extrapolado para valores totais por árvore para se obter uma estimativa do número de insectos por árvore e posteriormente a média do número de insectos por árvore e por ponto de amostragem. O mesmo foi feito para as classes de níveis de estragos, obtendo-se uma média da percentagem de desfolha do terço superior da copa das árvores, de 0 a 100%.

Recorreu-se a análises de variância (ANOVA) para testar as diferenças de médias entre os 64 pontos de amostragem. Quando os dados não cumpriam os pressupostos de normalidade usou-se o método não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para testar as correlações das diversas variáveis (densidades de insectos adultos, ootecas, larvas, altitude, taxas de parasitismo) recorreu-se à correlação univariada de Pearson. Para a variável “temperatura média” foi utilizada a correlação não paramétrica de Kendall tau.

As análises estatísticas foram efectuadas através do programa SPSS 17.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). As análises consideram-se estatisticamente significativas para $\alpha=0,05$.

3.2. Resultados

Avaliação de estragos

A monitorização realizada na Primavera de 2007 revelou, para os 64 pontos de amostragem, uma desfolha média de 1,76 ($\pm 0,5$), equivalente a 55% do terço superior da copa das árvores desfolhado. Contudo, foram encontradas diferenças significativas entre os povoamentos na intensidade de desfolha ($F_{[32,31]}=2,15$; $P<0,05$), densidade de ootecas ($F_{[32,31]}=3,47$; $P<0,001$), larvas ($F_{[32,31]}=3,14$; $P<0,01$) e insectos adultos ($F_{[32,31]}=2,48$; $P<0,05$).

Como previsível, a intensidade de estragos aumentou com o nível de presença de ootecas, larvas e insectos adultos de *G. scutellatus* (Figura 7).

Verificou-se ainda um aumento significativo da intensidade de estragos com a altitude ($R^2=0,50$; $P<0,001$) (Figura 8), assim como um aumento da intensidade de estragos com a diminuição da temperatura média ($R^2=-0,51$; $P<0,05$). Os estragos médios registados foram, em geral, superiores a 50% de desfolha para altitudes superiores a 600m. Obteve-se uma correlação negativa entre a altitude e a temperatura ($R^2= -0,27$; $P<0,05$).

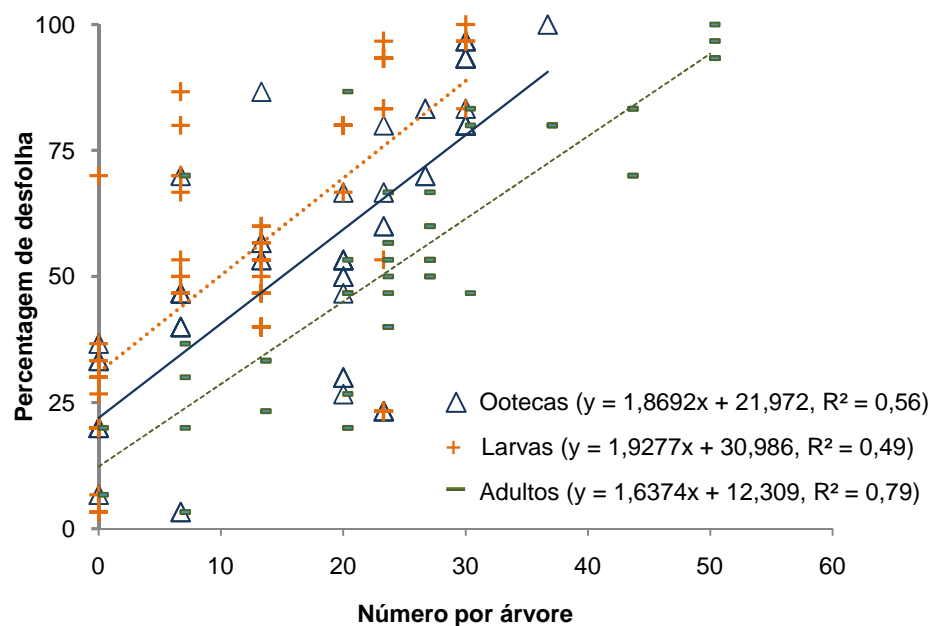


Figura 7 - Percentagem de desfolha no terço superior das árvores amostradas por número de ootecas, larvas e insectos adultos por árvore.

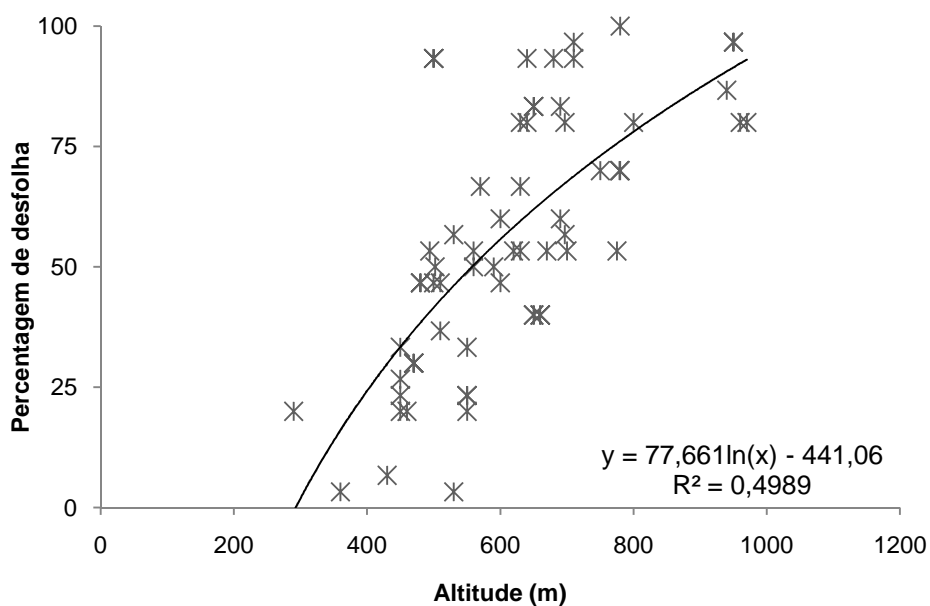


Figura 8 - Relação entre a percentagem de desfolha provocada por *G. scutellatus* e a altitude os pontos de amostragem ($R^2=0,50$, $p<0,001$).

As taxas de parasitismo variaram de 0 até 100%, média de 44,1% ($\pm 3,9$). Verificou-se uma correlação negativa significativa entre a percentagem de ootecas parasitadas por *A. nitens* e a densidade de insectos adultos de *G. scutellatus* ($R^2=-0,42$; $P<0,05$), ootecas ($R^2=-0,39$; P

<0,05) e percentagem de desfolha ($R^2=-0,41$; $P<0,001$) (Figura 9), o que indica o efeito positivo do parasitóide *A. nitens* na redução dos estragos. Também se verificou que a taxa de parasitismo baixou significativamente à medida que se sobe em altitude ($R^2=0,58$; $P<0,05$) (Figura 10). Aos 300m de altitude obtêm-se taxas de parasitismo de 90 a 100%, enquanto para altitudes acima dos 700 m os valores baixam para 0 a 10%.

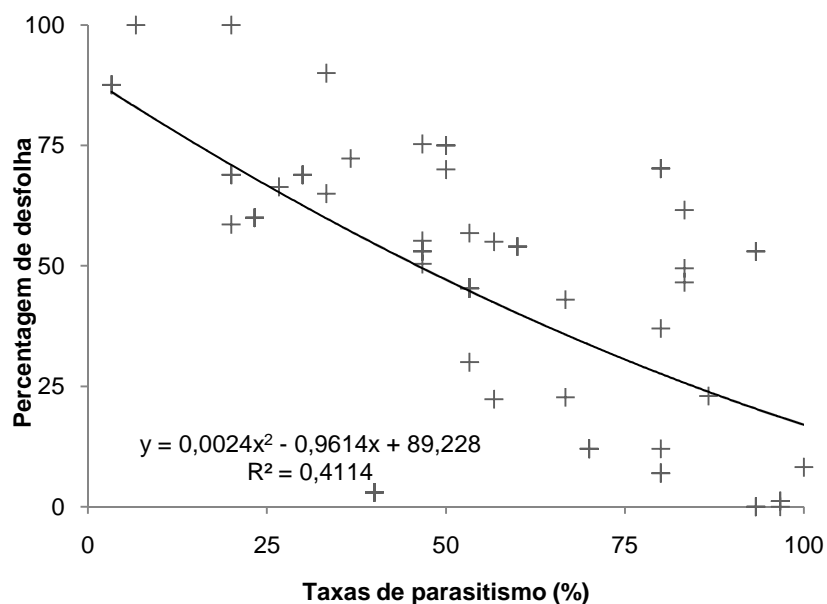


Figura 9 - Relação entre as taxas de parasitismo (percentagem de ootecas parasitadas por *A. nitens*) e a percentagem de desfolha.

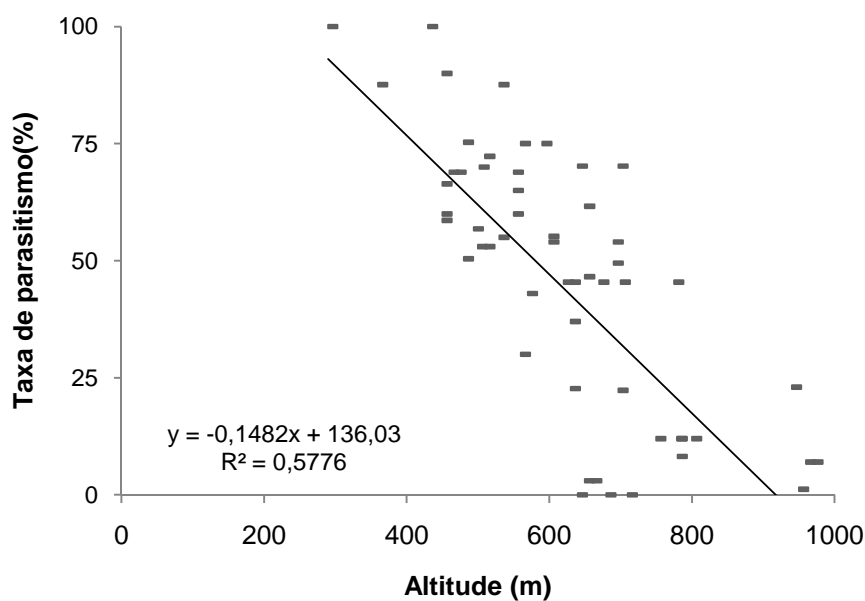


Figura 10 - Relação entre a altitude dos 64 pontos observados e as taxas de parasitismo (percentagem de ootecas parasitadas por *A. nitens*).

Avaliação de prejuízos

A partir dos dados de inventário recolhidos para os dois grupos de parcelas, observaram-se perdas de produtividade, expressas quer em altura dominante, quer em volume de madeira utilizável, nas parcelas com ataques actuais de *G. scutellatus* (A) o que não se verificou nas restantes (N) (Figura 11 e Figura 12). Com efeito, verificou-se que antes de *G. scutellatus* se ter disseminado e instalado em Portugal (período de 1996-98), a produção de madeira à idade de referência de 10 anos era semelhante entre o grupo de povoamentos que permaneceram sem ataques (N1) e o grupo que, mais tarde, sofreu desfolhas de gorgulho do eucalipto (A1), revelando uma homogeneidade inicial quer para altura dominante ($20,9\text{m} \pm 0,33$), quer para o volume de madeira utilizável ($122,0 \text{ m}^3/\text{ha} \pm 4,8$). Os povoamentos que permaneceram sem ataque de *G. scutellatus* ao longo dos anos, mantiveram produções semelhantes. Já os povoamentos que registaram estragos de gorgulho do eucalipto posteriores ao período de 1995-98 revelaram perdas de crescimento. Para a mesma idade de referência de 10 anos, estimou-se que, em média, povoamentos com estragos de *G. scutellatus* têm alturas dominantes de ($15,4\text{m} \pm 1,38$) e produção de madeira utilizável de $69,8 \text{ m}^3/\text{ha} \pm 10,48$. As perdas devidas à actividade de *G. scutellatus* estimadas foram de, aproximadamente, 26% nos valores médios de altura dominante e cerca de 43% em volume de madeira utilizável aos 10 anos de idade.

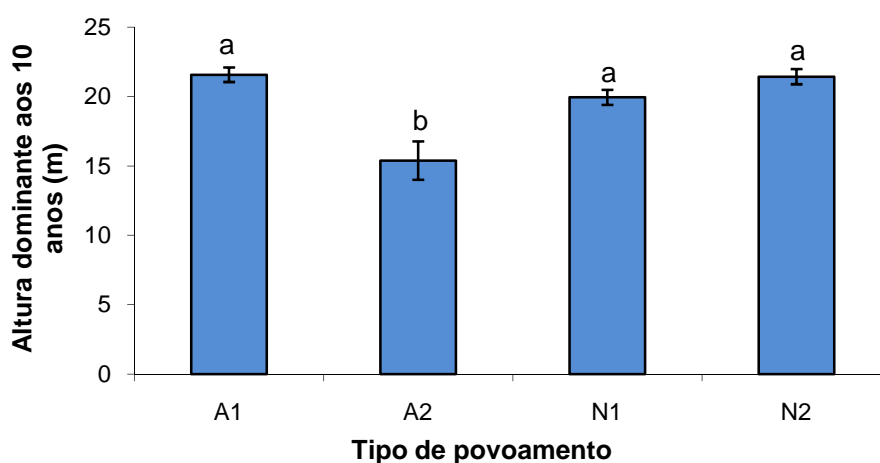


Figura 11 - Estimativa da altura dominante aos 10 anos de idade em parcelas de eucalipto actualmente com ataque (A) e sem ataque de *G. scutellatus* (N), respectivamente em dois períodos: 1995-98 antes da chegada de *G. scutellatus* (A1 e N1); 2004-06 depois da chegada de *G. scutellatus* (A2 e N2). Para as mesmas parcelas, barras com letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$). Regiões Norte e Centro do País.

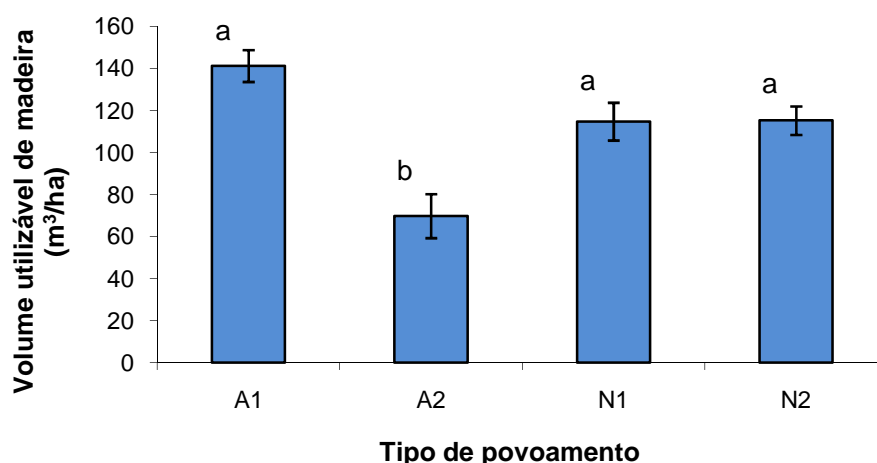


Figura 12 - Estimativa do volume de madeira utilizável aos 10 anos de idade em parcelas actualmente com ataque (A) e sem ataque por *G. scutellatus* (N), respectivamente em dois períodos: 1995-98 antes da chegada de *G. scutellatus* (A2 e N2); 2004-06 depois da chegada de *G. scutellatus* (A1 e N1). Para as mesmas parcelas, barras com letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,05$). Regiões Norte e Centro do País.

Verificou-se ainda que as perdas de volume provocadas por *G. scutellatus* estão estreitamente relacionadas com a intensidade de estragos causados pelo gorgulho. Nos povoamentos em que as árvores apresentavam um nível de ataque 2, ou seja de desfolha entre 30 e 75%, a estimativa de diminuição na produção de madeira foi de cerca de 40%. Esta perda de produção aumenta substancialmente para desfolhas superiores, chegando a perdas de 90% de madeira utilizável quando a desfolha era superior a 75% (Figura 13).

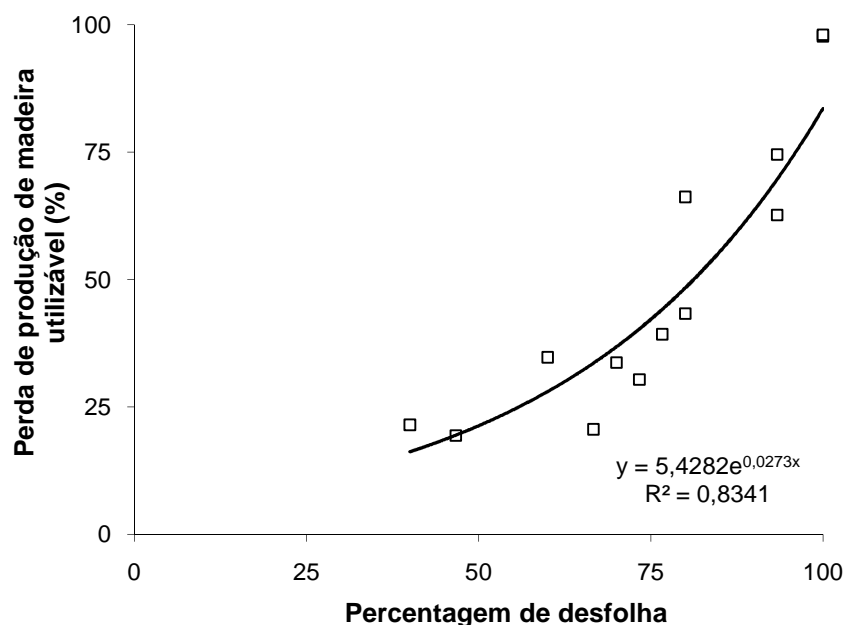


Figura 13 - Relação entre a percentagem de desfolha provocada por *G. scutellatus* e a percentagem de produção de madeira utilizável perdida.

3.3. Discussão e conclusões

Em Portugal, *G. scutellatus* está presente em toda a área ocupada por *Eucalyptus* sp. Nas regiões mais amenas, de baixa altitude, a praga parece estar controlada pelo parasitóide *A. nitens*. No entanto, em algumas regiões, as densidades de *G. scutellatus* têm permanecido elevadas levando a estragos significativos que permanecem e que se agravam ao longo da vida dos povoamentos. Neste trabalho são quantificados os estragos observados nestas regiões, que podem superar os 90% de desfolha do terço superior das copas, assim como os prejuízos resultantes que podem ascender a perdas de mais de 70% da madeira utilizável. Este facto pode ser devido às grandes extensões de eucalipto, diferentes condições microclimáticas e ecológicas, e flutuações das populações de gorgulho do eucalipto e do seu parasita (Cordero Rivera *et al.*, 1999; Santolamazza Carbone e Fernandez, 2004). Nestes locais onde o gorgulho do eucalipto permanece com níveis populacionais elevados, tal condiciona grandemente o crescimento dos povoamentos e, em locais onde os estragos são muito fortes, desencoraja a plantação do eucalipto (Santolamazza Carbone e Fernandez, 2004). Nos últimos dois anos a AltriFlorestal tem optado por converter os povoamentos de *E. globulus* situados a elevadas altitudes em povoamentos de *E. nitens* por esta espécie apresentar menor susceptibilidade à praga. Contudo, do ponto de vista da rendibilidade da madeira para produção de pasta de papel, *E. nitens* é menos atractivo.

O conhecimento da dimensão ambiental e económica dos estragos causados por *G. scutellatus* é fundamental para se tomarem decisões quanto a medidas de gestão e de combate à praga. Igualmente importante, é determinar a eficácia dos meios de luta que têm sido aplicados, nomeadamente o controlo biológico mediante o parasitóide *A. nitens*.

Neste estudo verificou-se que a densidade do gorgulho do eucalipto, bem como a desfolha das copas causada por este insecto, são reduzidos em altitudes inferiores a 450m, com percentagens de desfolha próximas de zero. Este resultado coincide com o indicado noutros trabalhos (Valente *et al.*, 2004). No entanto, verifica-se que a desfolha aumenta de forma linear com a altitude, atingindo valores médios superiores a 75% de copa desfolhada para altitudes superiores a 700m.

O controlo biológico clássico através da libertação do parasitóide *A. nitens* tem sido, até à data, a via de combate mais utilizada. Esta forma de luta foi implementada nos vários países invadidos pelo gorgulho do eucalipto, tendo-se verificado o declínio populacional de *G. scutellatus* e consequente redução do impacte na produção do eucalipto (e.g. Cordero Rivera *et al.*, 1999; Hanks *et al.*, 2000; Paine *et al.*, 2000; Sanches *et al.*, 2000).

Verificou-se que em regiões onde o parasitóide *A. nitens* está bem adaptado, os níveis de desfolha são baixos, levando a prejuízos pouco significativos. Por exemplo, em propriedades com taxas de parasitismo de 75%, observam-se desfolhas de 25%, o que corresponde a uma perda de volume utilizável de madeira de cerca de 5%. Por oposição, povoamentos com taxas de parasitismo de 20%, apresentaram desfolhas de 75%, reduzindo drasticamente a produção de madeira de eucalipto para os 25% da produção potencial.

As taxas de parasitismo por *A. nitens* diminuem linearmente com a altitude e com a temperatura média, o que indicia um aumento de dificuldade do estabelecimento de *A. nitens* a baixas temperaturas. As taxas de parasitismo são elevadas (próximas dos 75%) em povoamentos situados aos 400m. Estes resultados evidenciam a importância do parasitóide no controlo biológico do gorgulho do eucalipto, manifesta nos estragos reduzidos de *G. scutellatus* nos povoamentos localizados a altitudes inferiores a 450m, à semelhança do observado noutras regiões temperadas onde o parasitóide foi introduzido (e.g. Hanks *et al.*, 2000). Actualmente, cerca de 28% da área total dos povoamentos de eucalipto localizam-se no Centro e Norte do País acima da cota dos 450m, a partir da qual os estragos são importantes. Na mesma situação encontra-se a Espanha, com presença forte de *G. scutellatus* na região de Pontevedra, em zonas de maior altitude (Mansilla Vázquez., 1992).

Esta falta de adaptação de *A. nitens* às regiões mais frias pode ser explicada pelas condições climáticas da sua região de origem. *A. nitens*, sendo originário do Sul da Austrália (Tooke, 1955), está adaptado a climas amenos, o que poderá explicar a sua ineficiência em zonas mais frias, de montanha, como o observado em Portugal e Espanha. Além disso, *G. scutellatus* inicia a sua postura de ovos em meados de Janeiro/Fevereiro quando as temperaturas ainda estão muito baixas, enquanto *A. nitens*, ainda que esteja presente no campo, não está activo e pronto a parasitar as ootecas (Tribe, 2005).

Esta diferença de nichos ecológicos climáticos das duas espécies faz com que *A. nitens* não se consiga instalar com sucesso nas regiões mais frias. De facto, verificou-se neste trabalho que com o aumento da altitude, e o decréscimo da temperatura média anual, o gorgulho do eucalipto é favorecido nas suas densidades populacionais. Já *A. nitens* apresenta uma redução das suas taxas de parasitismo com aqueles dois factores ambientais, deixando de ser eficaz.

Em Portugal, recorreu-se ao controlo biológico clássico em 1997 (2 anos após a detecção de *G. scutellatus* em Portugal), aplicando no terreno saquetas contendo ootecas de *G. scutellatus* parasitadas por *A. nitens*. A quantidade de parasitóides libertada correspondeu a uma média de 10 a 50 parasitóides por hectare de eucaliptal (Valente *et al.*, 2004). Desde então, a AltriFlorestal tem vindo a fazer largadas aumentativas nos seus povoamentos, libertando aproximadamente 50 parasitóides por hectare e por ano. No entanto, estas

largadas só serão benéficas se os parasitóides emergidos conseguirem sobreviver no campo e se conseguirem parasitar uma quantidade significativa de ootecas. De facto, a aplicação de 60 parasitóides por hectare poderá ser insuficiente se as aplicações forem feitas quando já existirem no campo muitas ootecas frescas. Além disso, *A. nitens* só consegue parasitar ootecas, que contenham embriões até 3 dias de idade.

Os resultados mostram que a desfolha causada pelo gorgulho tem um efeito muito significativo na produtividade dos povoamentos de eucalipto, podendo provocar perdas de produção com grande valor económico, estimando-se cerca de 40% a 90% de perdas de volume de madeira utilizável, para desfolhas médias a severas, respectivamente. Na verdade, a perda de volume é, provavelmente, ainda maior do que a estimada neste trabalho, uma vez que o modelo usado na extrapolação dos dados se baseia apenas na altura e diâmetro medidos num determinado momento de idade das árvores. O modelo usado assume taxas de crescimento, observadas até à data de realização do inventário, que não consideram, por isso o efeito da desfolha no crescimento futuro das árvores, estimando o crescimento como se a árvore não tivesse sido desfolhada. No entanto, espera-se que a sucessiva redução da superfície foliar, fundamental para o crescimento da árvore, se irá reflectir negativamente também nos anos seguintes. Por outro lado, a possibilidade de haver continuidade de desfolha nos anos subsequentes aos da realização dos inventários, agravará ainda mais as perdas de produção lenhosa. Por estes dois motivos o método subestima as perdas reais, que serão ainda superiores àqueles valores.

4. VARIABILIDADE DE *EUCALYPTUS* NA SUSCEPTIBILIDADE À HERBIVORIA

A susceptibilidade de diferentes genótipos a um dado fitófago desfolhador pode variar em função da tolerância, isto é, da capacidade de resposta fisiológica da planta à desfolha, ou da sua resistência, isto é, da capacidade de defesa (c.p.f. ponto 1). Assim, a identificação de materiais genéticos menos susceptíveis a *G. scutellatus* permitirá no futuro avaliar a potencialidade do seu uso em áreas de maior risco para esta praga.

Nesta parte do trabalho pretende-se avaliar a variabilidade de diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. à desfolha por *G. scutellatus*. Sendo de esperar que as fêmeas tenham preferência para depositar ovos nos materiais genéticos que serão mais favoráveis ao desenvolvimento das larvas, é testada a hipótese das diferenças de susceptibilidade serem devidas, pelo menos em parte, a diferenças de preferência para oviposição e para alimentação.

4.1. Material e métodos

Variabilidade intra e inter-específica de *Eucalyptus* aos estragos de *G. scutellatus*

Na região de Pampilhosa da Serra foi instalado, em Maio de 2005, um ensaio de genótipos de *Eucalyptus* sp. num povoamento da AltriFlorestal. O ensaio é constituído por um total de 86 materiais genéticos diferentes. Os diversos genótipos estão dispostos no campo em grupos de duas árvores repetidos em 6 blocos diferentes, pelo que existem 12 plantas de cada genótipo no ensaio. Este povoamento está situado numa região de intensa actividade de *G. scutellatus*, o que proporcionou a possibilidade de avaliar diferenças de estragos entre genótipos.

Os 86 materiais genéticos dividem-se da seguinte forma: 72 clones de *E. globulus* x *E. globulus*, 10 genótipos seminais resultantes do cruzamento de *E. globulus* x *E. globulus*, 2 clones híbridos de *E. viminalis* x *E. globulus*, 1 clone híbrido de *E. cypellocarpa* x *E. globulus* e 1 de clone de *E. nitens*. Os diversos genéticos têm características distintas, como morfologia, fisiologia e compostos secundários. As retanchas foram todas feitas com um clone diferente, e por isso tiveram de ser excluídas do estudo.

As observações dos clones foram realizadas em Junho de 2007, quando as árvores tinham 2 anos de idade, encontrando-se quase todas as árvores em transição de folha juvenil para folha adulta.

Para cada árvore, foram registados os seguintes parâmetros: i) estado fisiológico da planta, que podia ser: folha juvenil, folha adulta ou em transição de juvenil para adulta; ii) percentagem de copa afectada pelas larvas e insectos adultos de gorgulho do eucalipto;

Com a informação da percentagem de copa afectada por clone, foi possível distinguir dois grupos contrastantes de genótipos: muito e pouco susceptíveis aos estragos de *G. scutellatus*. Consideraram-se genótipos “muito susceptíveis” aqueles que apresentavam, em média, mais de 80% da copa com evidência de presença de *G. scutellatus* e “pouco susceptíveis” os materiais com menos de 20% de copa afectada. Dentro de cada grupo de genótipos seleccionaram-se 4 genótipos para estudos subsequentes, onde os objectivos se baseiam no estudo do comportamento de *G. scutellatus* em clones muito e pouco susceptíveis.

Preferência de *G. scutellatus* por diferentes clones de *Eucalyptus* para oviposição no campo

De entre os extremos, isto é, clones mais e menos atacados, observados no trabalho descrito acima, seleccionaram-se 4 genótipos muito susceptíveis (VG16, VR765, YG15 e VT210) e 4 pouco susceptíveis (MB401, VR1277, VT5 e VT233) ao ataque de *G. scutellatus* (genótipos assinalados na Figura 16 a vermelho e a verde, respectivamente). Estes genótipos escolhidos são clones de *E. globulus* X *E. globulus*, com excepção do VG16 e YG15 que são, respectivamente, híbridos de *E. viminalis* x *E. globulus* e *E. cypellocarpa* x *E. globulus*.

Neste estudo testou-se a hipótese de existir preferência das fêmeas de *G. scutellatus* por determinados genótipos para depositar os seus ovos. Para tal, fez-se uma avaliação da taxa de oviposição feita por *G. scutellatus* nos diferentes materiais.

Tal como referido no capítulo anterior, existe, no ensaio clonal da AltriFlorestal instalado na Pampilhosa da Serra, um total de 12 árvores de cada genótipo, que constituíram a base de amostragem neste estudo. Em cada uma das árvores dos genótipos acima referidos recolheram-se dois ramos com 50cm de comprimento, pertencentes ao terço superior da copa. Posteriormente, contou-se em cada ramo o número total de ootecas e fez-se uma avaliação geral da fenologia do ramo, avaliando-se: i) número de rebentos jovens do ramo; ii) nível de desenvolvimento das folhas jovens (1- < 1cm de comprimento, 2- 1 a 4 cm , 3- > 4cm) e iii) número médio de folhas por rebento jovem. Determinou-se o número de ootecas médio por ramo e por folha.

Preferência de insectos adultos de *G. scutellatus* para alimentação em diferentes clones, em laboratório

A fim de estudar se os insectos adultos de *G. scutellatus* fazem distinção entre diferentes clones para alimentação, realizou-se uma experiência onde, a insectos adultos de *G. scutellatus*, foram dados à escolha dois clones diferentes de eucalipto: um clone considerado pouco susceptível (VR1277) e um clone referenciado como muito susceptível (YG15). A susceptibilidade atribuída a estes clones foi verificada no campo em ensaios clonais instalados em zonas de forte incidência da praga, como o referido acima.

Recolheram-se, no campo, insectos adultos de *G. scutellatus* num povoamento instalado na região de Águeda. O material vegetal usado foi proveniente de um parque clonal instalado junto à Quinta do Furadouro, onde o ensaio foi realizado.

Para a realização de cada repetição montou-se um sistema constituído por um recipiente transparente aberto no topo, dentro do qual foi colocado um pedaço de esponja de florista embebida em água e coberta com plástico, para que os insectos não entrassem em contacto com a água. Na esponja de florista foi colocado um raminho de cada clone com cerca de 10cm de altura. Tentou manter-se sempre a mesma quantidade de folhas para todos os raminhos (entre 5 e 6 folhas), para que a quantidade de matéria vegetal fosse semelhante entre os clones. Os raminhos foram colhidos no dia do ensaio e antes de serem utilizados foram lavados com água destilada. No centro de cada recipiente foi introduzido um insecto adulto de *G. scutellatus* - idade e sexo indeterminados - equidistante 10cm dos ramos. Os insectos foram privados de alimento durante 24h até serem introduzidos nas caixas.

Disponha-se de 5 recipientes com este sistema montado, tendo sido feitas 10 repetições em cada um, ou seja, foram feitas no total 50 repetições. Em cada repetição foram sempre introduzidos insectos novos. Sempre que se iniciou uma nova repetição, rodou-se o recipiente 90º no sentido dos ponteiros do relógio para eliminar possíveis factores externos, como diferenças de luminosidade, que influenciassem o sentido dos resultados.

Após a introdução dos insectos, fizeram-se observações de 5 em 5 minutos, até um total de 8 observações (40 minutos) para cada insecto. Em cada observação registou-se o comportamento dos insectos, que podia ser:

DEAMB - Deambular sem comer

CFS - Contacto com folhas do clone susceptível (YG15)

CFR - Contacto com folhas do clone resistente (VR1277)

ALS - Alimentação das folhas do clone susceptível (YG15)

ALR - Alimentação das folhas do clone resistente (VR1277)

Performance das larvas de *G. scutellatus* alimentadas com diferentes genótipos

A resistência das plantas à herbivoria pode, em parte, resultar de uma composição em compostos secundários e primários menos favorável ao desenvolvimento dos fitófagos. Para testar esta hipótese, num ensaio levado a cabo em Maio de 2010, estudou-se o desenvolvimento de larvas alimentadas com diferentes genótipos de *Eucalyptus* sp..

Seleccionaram-se dois clones, um muito susceptível ao ataque de *G. scutellatus* (YG17) e outro pouco susceptível (VR277) para ensaios de alimentação larvar em laboratório. Quando esta experiência foi realizada, não havia no campo próximo do laboratório do Furadouro árvores do clone YG15, clone esse que foi testado noutros ensaios anteriormente descritos, das quais se pudessem recolher folhas novas e frescas. Na impossibilidade de usar esse clone, recorreu-se ao clone YG17, por ter características genóticas e fenóticas muito semelhantes ao YG15.

As larvas utilizadas neste ensaio foram provenientes de ootecas recolhidas cerca de uma semana antes de se dar início à experiência, num povoamento muito atacado do concelho de Góis. Recolheu-se uma grande quantidade de ootecas (cerca de 300) para garantir que se ia conseguir o número de larvas necessárias para a experiência.

O material vegetal utilizado foi recolhido num parque clonal com cerca de 3 anos, perto da Quinta do Furadouro onde esta experiência foi levada a cabo. Os ramos foram sempre colhidos da bicada das árvores, onde se encontram as folhas jovens mais apetecíveis para as larvas, no próprio dia em que foram utilizados. Depois de feita a recolha, os ramos foram imediatamente levados para o laboratório, lavados com hipoclorito de sódio a 15% e, posteriormente, com água destilada repetindo três vezes para retirar o hipoclorito de sódio.

Cada repetição (Figura 14) foi constituída por um frasco com tampa de plástico perfurada no centro. Os frascos continham água até ao topo. Em cada frasco foi inserido um ramo com cerca de 30cm do clone correspondente, garantindo sempre que o ramo ficava em contacto com a água. O ensaio completo foi constituído por 6 frascos: dois genótipos em estudo X 3 repetições.

Em cada ramo colocaram-se inicialmente 30 larvas recém-eclodidas (idade = 0 dias). Os raminhos eram substituídos três vezes por semana por raminhos frescos com o mesmo genótipo. Quando se substituíam os ramos, transferiam-se as larvas dos ramos velhos para os novos com o auxílio de um pincel.

Periodicamente mediu-se o comprimento e pesavam-se as larvas. As larvas foram pesadas numa balança de precisão. Para medir o comprimento das larvas recorreu-se a uma ocular digital acoplada a uma lupa e ao programa ScopePhoto 3.0.



Figura 14 - Folha com larvas destinada ao ensaio de alimentação representando uma repetição.

As repetições foram mantidas num estufim com temperatura de dia de $22 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e temperatura de noite de $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (fotofase de 16h/8h). Procurou-se manter a humidade relativa entre os 55 e os 65% com vários tabuleiros com água dispersos no estufim.

Aos 18 dias, algumas larvas já tinham entrado em pré-pupação e por isso não foram medidas. No final do desenvolvimento das larvas, os frascos foram colocados em tabuleiros com 15cm de terra para que, quando as larvas estivessem prontas a pupar, se pudessem soltar das folhas e enterrar-se. As repetições foram separadas por clone, tendo sido usado um tabuleiro para o clone YG17 e outro para o VR1277.

Quando eclodiram, os insectos foram separados por sexo e pesados individualmente numa balança de precisão, registando também o número total de dias de pupação.

Análise de dados

A variabilidade intra e inter-específica nos estragos de *G. scutellatus* foi verificada recorrendo a análise de variância (ANOVA) para testar as diferenças de médias de desfolhas entre os 55 genótipos. As diferenças de preferência de *G. scutellatus* por diferentes clones de *Eucalyptus* sp. para a oviposição no campo foram tratadas através de um teste de Mann-Whitney.

A preferência de insectos adultos de *G. scutellatus* por diferentes clones (em laboratório) foi testada por um teste de Qui-quadrado, admitindo que, se a escolha dos insectos pelos genótipos fosse aleatória, os gorgulhos tinham igual probabilidade de se alimentar por um ou outro clone.

A análise da performance das larvas de *G. scutellatus* alimentadas com diferentes genótipos foi tratada por recurso a um modelo linear generalizado considerando-se o tempo como um factor.

As análises estatísticas foram efectuadas através do programa SPSS 17.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Os resultados são apresentados em termos de médias \pm erro padrão.

4.2. Resultados

Variabilidade intra e inter-específica de *Eucalyptus* sp. e estragos de *G. scutellatus*

Verifica-se uma grande variação entre a percentagem de árvores com folha adulta nos diferentes materiais genéticos (Figura 15). A percentagem de copa afectada por *G. scutellatus* está directamente relacionada o tipo de folha das árvores, quer para as plantas seminais ($R^2=0,85$; $P<0,001$), quer para os clones ($R^2=0,34$; $P<0,05$). De uma forma geral, as plantas seminais (famílias de *E. globulus* X *E. globulus*) apresentam menor percentagem de árvores com folha adulta do que os clones de *E. globulus*. De facto, observações gerais de campo haviam já revelado que clones transitam mais rapidamente para folha adulta comparativamente às plantas seminais. Quanto ao grupo dos 72 clones de *E. globulus*, observou-se uma variabilidade muito grande na fenologia, tendo sido observados desde clones sem nenhuma árvore com folha em transição ou folha adulta ($n=4$ clones) até clones que tinham todas as árvores com folha adulta ($n=31$ clones).

Já os híbridos têm uma transição de folha juvenil para folha adulta antecipada. Todas as árvores dos 3 genótipos de híbridos apresentavam folha adulta (Figura 15).

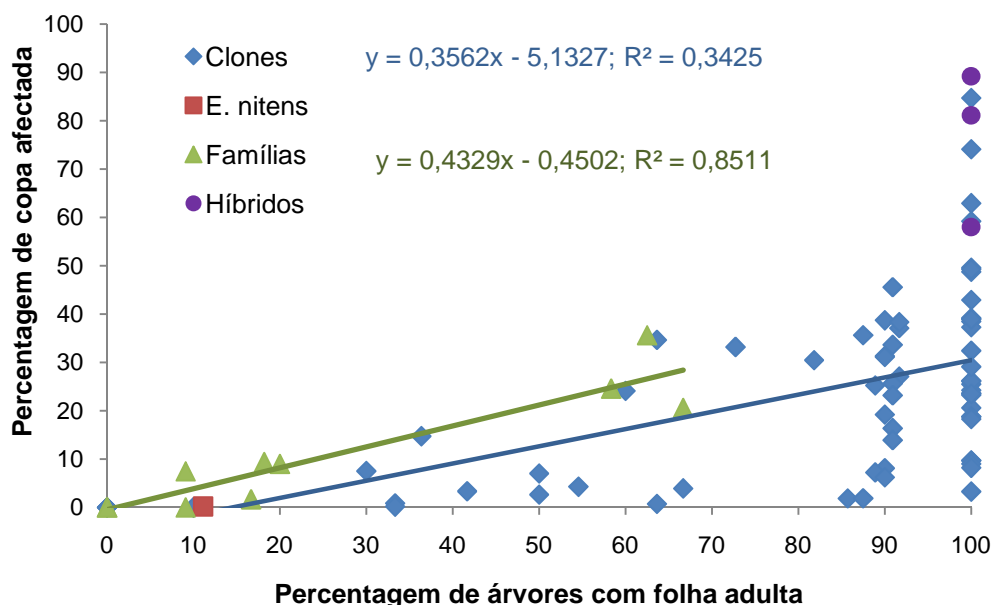


Figura 15 – Distribuição dos materiais genéticos segundo a percentagem de árvores com folha adulta e a percentagem de copa afectada, por grupo de materiais genéticos: Clones de *E. globulus* (n=72), clone de *E. nitens* (n=1), famílias de *E. globulus* X *E. globulus* (n=10) e híbridos de *E. globulus* com outras espécies (n=3). Todas as árvores tinham, à data de observação, 2 anos de idade.

O gorgulho do eucalipto ataca essencialmente árvores com folhas em transição de juvenil para adulta e árvores com folha adulta. Assim, foram excluídos do estudo todos os materiais genéticos que tinham menos de 80% de árvores com folha adulta ou em transição. Dos 86 genótipos totais iniciais, foram excluídos 31, restando 55. No grupo de materiais genéticos excluídos deste estudo constavam, entre outros, todas as 10 famílias, que tinham, em média, apenas 26% ($\pm 0,07$) de árvores com folhas adultas.

Nos 55 clones seleccionados, constatou-se existir diferenças significativas na percentagem de copa afectada por *G. scutellatus* (Figura 16). A percentagem de copa afectada variou de 1,86% ($\pm 1,5$) para o VT272 a 89,2% ($\pm 4,0$) para o YG15 (Figura 16).

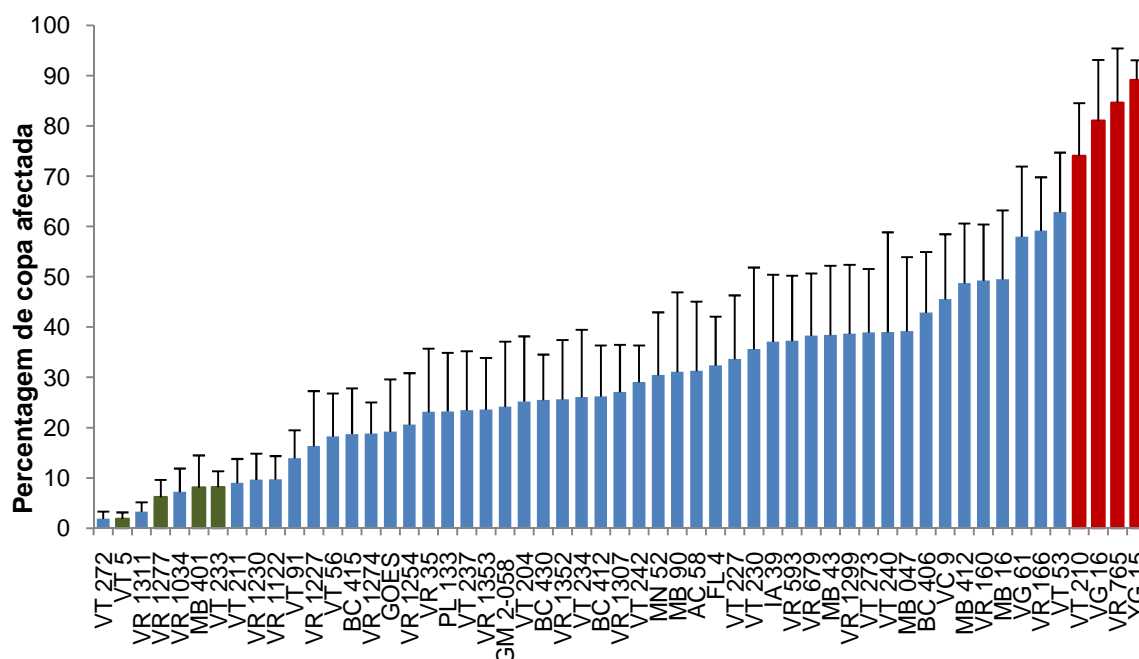


Figura 16 - Percentagem média (+ erro padrão) de copa afectada dos 55 genótipos estudados. Apenas os que apresentam mais de 80% das árvores com folha adulta foram considerados. Para estudos posteriores foi seleccionado um grupo de genótipos resistentes e outro de genótipos susceptíveis: genótipos resistentes - genótipos assinalados a verde; genótipos susceptíveis - genótipos assinalados a vermelho. Todas as árvores tinham, à data de observação, 2 anos de idade. Ensaio clonal instalado em Pampilhosa da Serra.

Preferência de *G. scutellatus* por diferentes clones de *Eucalyptus* para a oviposição

Os resultados deste ensaio de campo evidenciaram diferenças significativas na oviposição entre o grupo de genótipos muito susceptíveis (MS) e pouco susceptíveis (PS), expressa no número de ootecas por ramo (Figura 17) ($P < 0,0001$). Quanto ao número de ootecas por folha jovem (folhas das quais *G. scutellatus* se alimenta e escolhe para depositar ovos) as diferenças foram igualmente significativas, verificando-se maior oviposição no grupo de genótipos susceptíveis (Figura 18) ($P < 0,0001$).

Não se observaram diferenças no nível de desenvolvimento das folhas entre o grupo de clones muito e pouco susceptíveis (Figura 19). Excluiu-se, assim, a hipótese de que diferenças na fenologia, expressas no estágio de desenvolvimento das folhas, poderão estar na origem das diferenças de susceptibilidade. Assim, as diferenças observadas terão de estar relacionadas com outros factores como características estruturais ou químicas das folhas que restam por identificar.

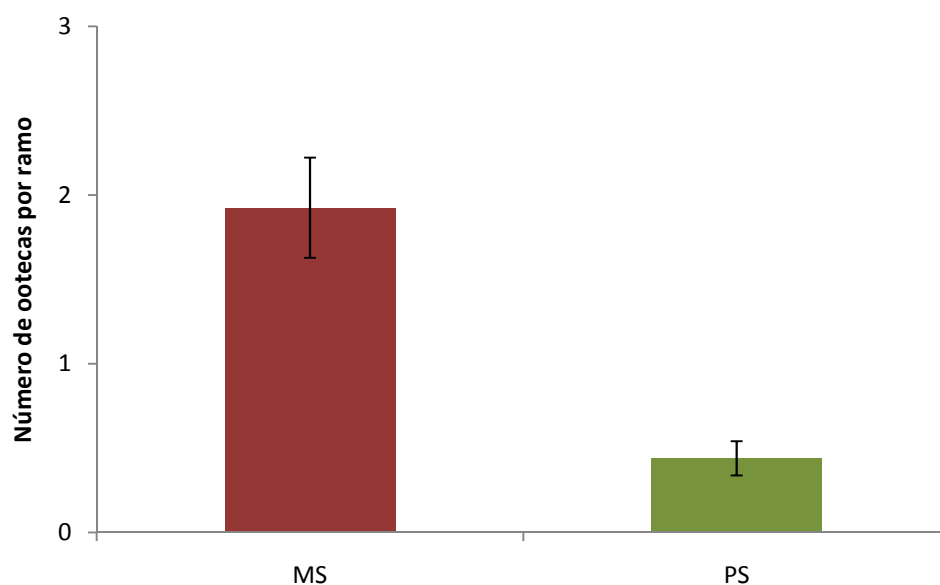


Figura 17 - Número de ootecas por ramo (\pm erro padrão) e dos grupos de genótipos muito suscetíveis (MS) e pouco suscetíveis (PS) estudados.

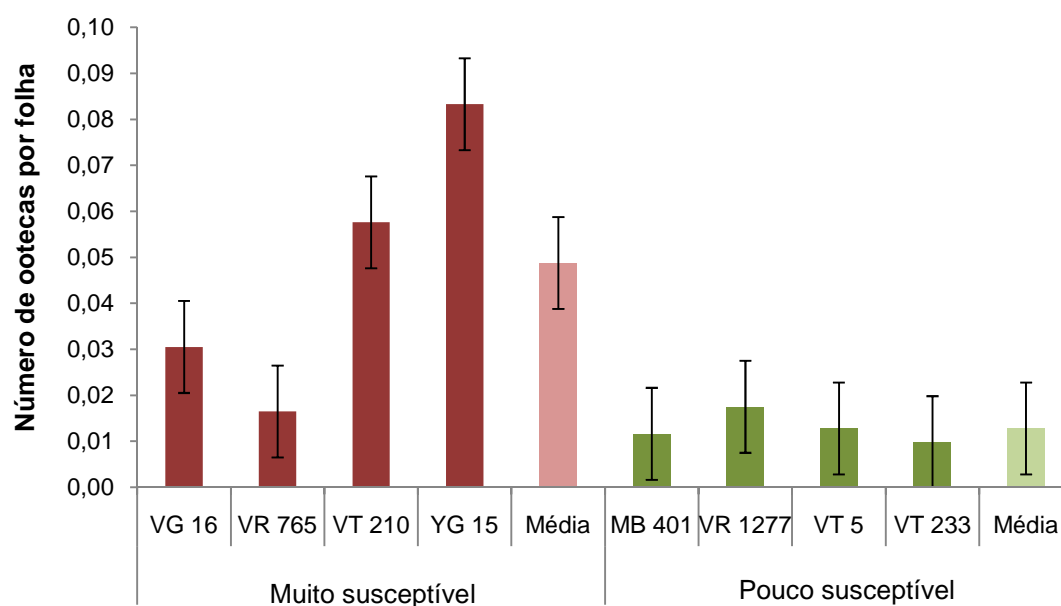


Figura 18 - Número de ootecas por folha jovem (\pm erro padrão) e por grupo de susceptibilidade.

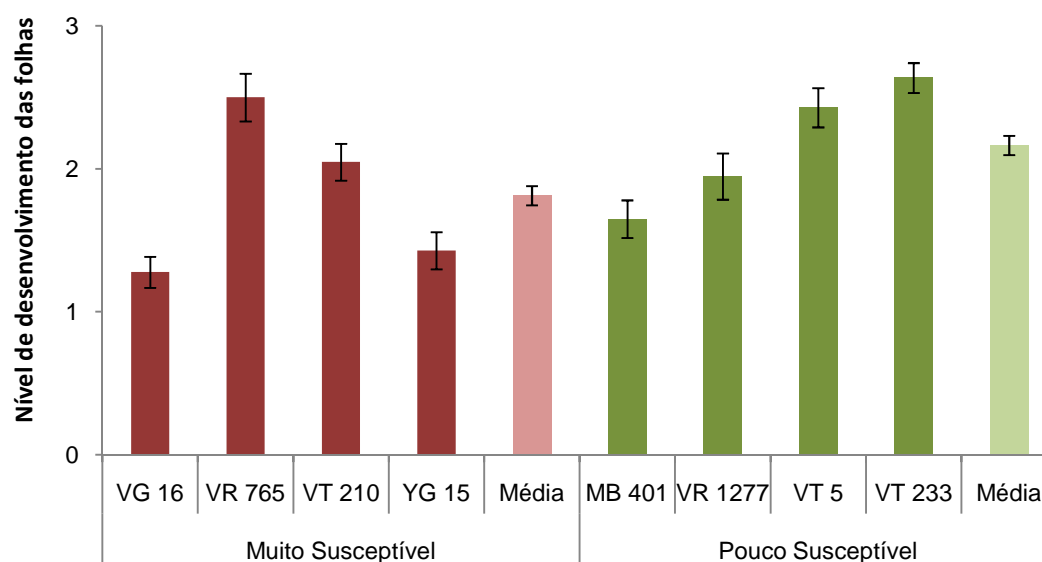


Figura 19 - Nível de desenvolvimento das folhas (\pm erro padrão) dos clones muito e pouco susceptíveis ao ataque de *G. scutellatus*. 1- folhas com menos de 1cm de comprimento; 2- 1 a 4cm de comprimento; 3- > 4cm de comprimento.

Preferência de insectos adultos de *G. scutellatus* por diferentes clones (em laboratório)

Nos ensaios de laboratório os adultos preferiram significativamente o genótipo susceptível para se alimentar ($P=0,045$) (Figura 20), tendo passado também mais tempo a alimentar-se deste genótipo (Figura 21). Os resultados sugerem que a escolha de *G. scutellatus* por determinados genótipos de eucalipto é determinada por características olfactivas dos materiais.

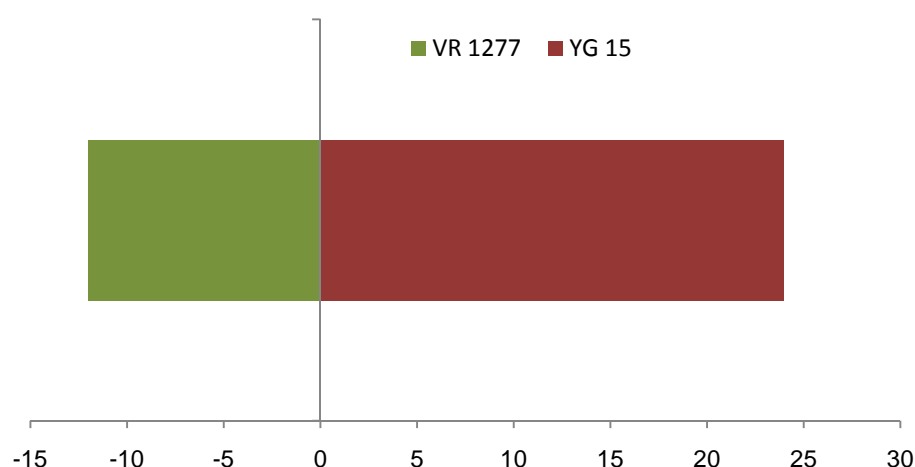


Figura 20 - Proporção de escolha por adultos de *G. scutellatus* em laboratório em testes de escolha entre dois genótipos: VR1277 (muito susceptível) e YG15 (pouco susceptível).

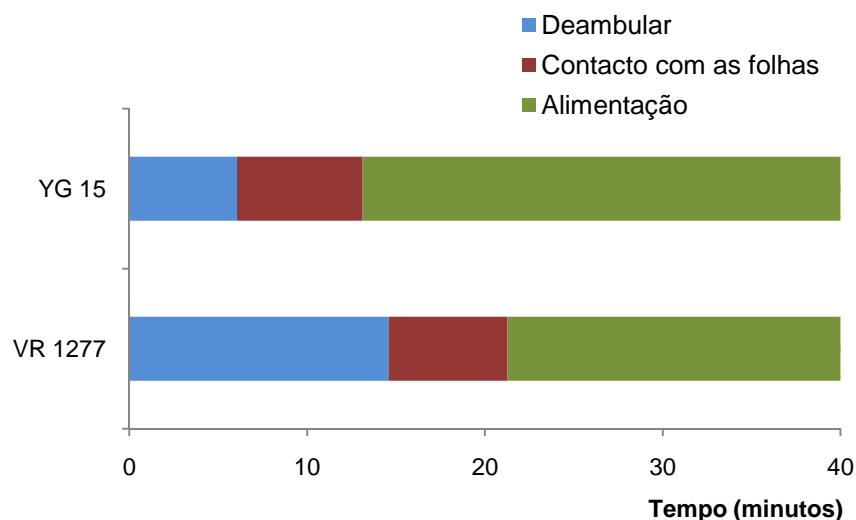


Figura 21 - Tempos médios passados a deambular, contacto com as folhas e em alimentação, por adultos de *G. scutellatus* em testes de escolha em laboratório entre dois genótipos: VR1277 (pouco susceptível) e YG15 (muito susceptível).

Em todas as repetições se verificou que, uma vez feita a escolha dos insectos por determinado raminho, os insectos não mudavam de ramo durante os 40 minutos que demorou cada amostragem.

Performance das larvas de *G. scutellatus* alimentadas com diferentes genótipos

As larvas alimentadas com diferentes clones tiveram um desenvolvimento larvar distinto. As diferenças são significativas ($P=0,04$) a partir do 7º dia, quer quando expressas em comprimento quer em peso (Figura 22 e Figura 23). Não se registou mortalidade por parte das larvas, sendo que a única perda registada se deveu a larvas que caíram dos raminhos durante a experiência.

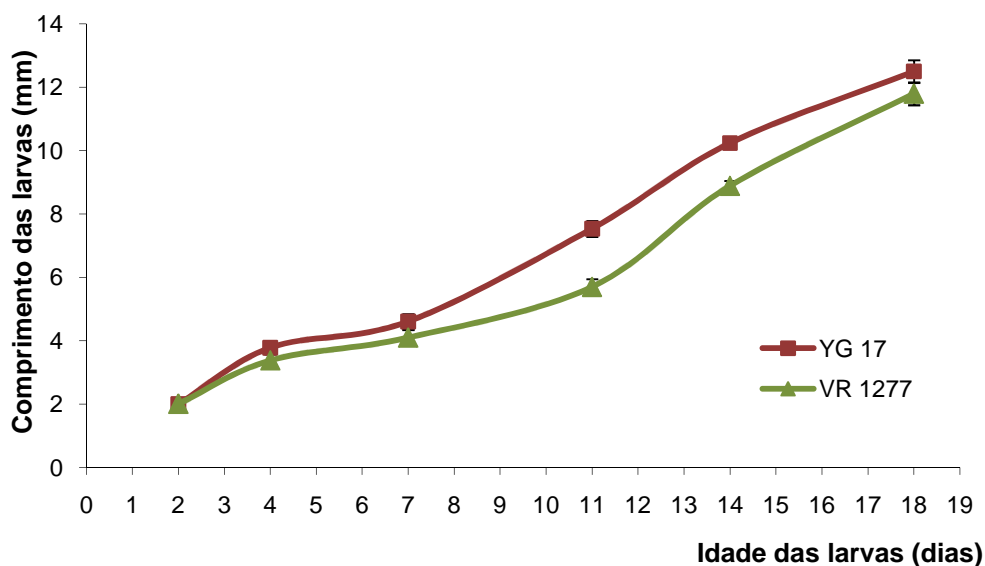


Figura 22 - Comprimento (em mm) (\pm erro padrão) de larvas alimentadas em laboratório com dois genótipos diferentes: VR1277 (pouco susceptível a *G. scutellatus*) e YG17 (muito susceptível a *G. scutellatus*).

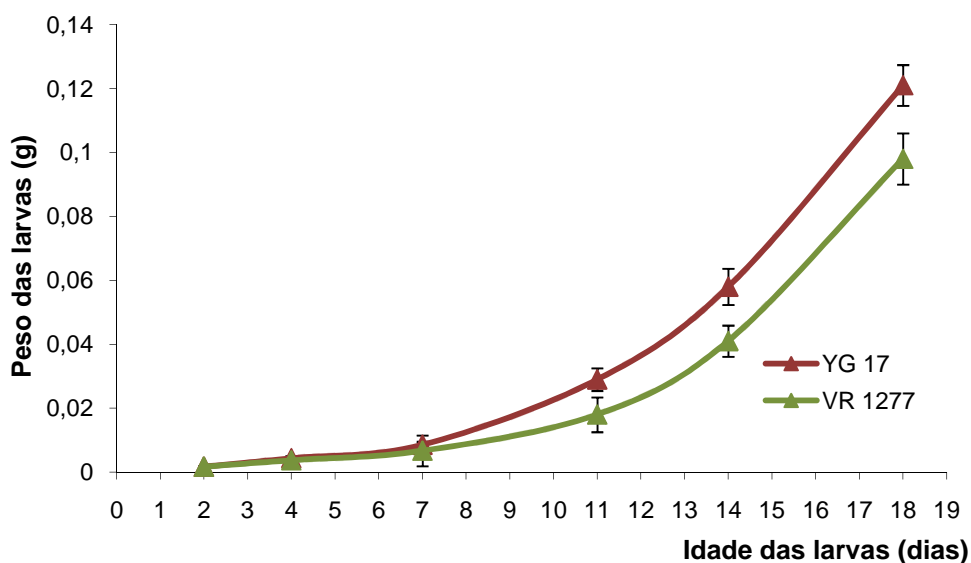


Figura 23 - Peso (em gramas) de larvas alimentadas em laboratório com dois genótipos diferentes: VR1277 (pouco susceptível à desfolha de *G. scutellatus*) e YG17 (muito susceptível à desfolha de *G. scutellatus*).

Verificou-se, ainda, uma correlação positiva entre o peso e o comprimento das larvas ($r=0,89$). Apesar de as diferenças não serem significativas ao nível de significância de 5% ($P=0,07$), as larvas alimentadas com o clone susceptível YG17 têm maior peso por unidade

de comprimento ($3,56 \times 10^{-3} \text{g/mm}$) do que as alimentadas com o clone pouco susceptível VR1277 ($3,11 \times 10^{-3} \text{g/mm}$) revelando um melhor desenvolvimento.

Quando à idade a que entraram em pupação, as larvas alimentadas com o clone VR 1277 desenvolveram-se mais lentamente ($19,16 \text{ dias} \pm 0,09$) do que as alimentadas com o clone YG 17 ($18,41 \text{ dias} \pm 0,08$) ($P < 0,001$).

Não se observaram diferenças significativas quanto ao tempo de pupação entre larvas alimentadas com diferentes clones. Em média, as larvas permaneceram 21,8 dias ($\pm 0,08$) em fase de pupação.

O peso dos insectos após eclosão, foi estatisticamente significativo entre tipo de alimento, quer para machos, quer para fêmeas (Quadro III)..

Quadro III - Peso médio em gramas (\pm erro padrão) e análise estatística de insectos adultos alimentados com dois clones distintos no desenvolvimento do seu estágio larvar.

	Machos	Fêmeas
YG17	0,059g ($\pm 0,002$)	0,073g ($\pm 0,001$)
VR1277	0,054g ($\pm 0,002$)	0,065g ($\pm 0,004$)
Valor de p ($\alpha=0,05$)	0,039	0,047

4.3. Discussão e conclusões

Para além das diferenças interespecíficas observadas por vários autores na preferência de *G. scutellatus* por diferentes espécies de Eucaliptos (Clarke *et al.*, 1998; Cordero Rivera e Santolamazza Carbone, 2000; Frappa, 1950; Richardson e Meakins, 1986) este trabalho evidencia que existem também diferenças de susceptibilidade ao nível intraespecífico entre famílias e clones de *E. globulus*. Neste estudo isso é evidenciado quer pelos estragos no campo, quer pela preferência das fêmeas para oviposição, quer na preferência dos adultos para alimentação, quer ainda no desenvolvimento das larvas e peso dos adultos recém-emergentes. Resultados equivalentes de diferenças na susceptibilidade à herbivoria por insectos foram também observados por Zas *et al.* (2005), que encontraram diferenças intraespecíficas no ataque de *Pinus pinaster* pelo gorgulho do pinheiro, *Hylobius abietis*. No caso de estudo apresentado, os resultados sugerem que se pode explorar a variabilidade intraespecífica dos Eucaliptos para testar novas formas de combater a praga, nomeadamente a pesquisa de genótipos resistentes a *G. scutellatus*. Outro método a explorar será o uso de genótipos mais susceptíveis em armadilhas “Push and Pull”, onde

plantas mais apeteceveis para o gorgulho do eucalipto são usadas como isco e posteriormente tratadas para eliminar os insectos, ootecas e larvas nelas existentes.

Os primeiros resultados de campo, que manifestaram evidência de diferenças de susceptibilidade entre clones, poder-se-iam dever quer a diferenças de selecção pelas fêmeas para oviposição e de insectos adultos dos dois sexos para alimentação, quer a diferenças no desenvolvimento das larvas. Os ensaios de campo posteriores comprovaram que as plantas com maiores desfolhas foram também as que tiveram maior preferência pelas fêmeas. Por outro lado, em laboratório foi comprovada a preferência dos adultos para se alimentarem do genótipo susceptível. Este resultado evidencia resistência à herbivoria por fraca atracção. Tal pode dever-se a estímulos visuais ou químicos, devidos a compostos secundários que actuem pelo olfacto, isto é voláteis, ou por contacto como demonstrado em muitos outros estudos (e.g. Dugravot *et al.*, 2002; Paiva *et al.*, 1993; Peacock *et al.*, 2001; Pharisa *et al.*, 2003). Dado que em laboratório se notou uma preferência, antes do contacto, pelo genótipo susceptível, estaremos provavelmente na presença de uma atracção por compostos químicos voláteis. De facto, estes compostos são frequentemente produzidos pelas plantas como estratégia de atracção de insectos benéficos, como polinizadores, ou de repulsa de organismos indesejáveis, como os fitófagos. Sabe-se que as plantas têm, inclusive, capacidade de reconhecer e produzir substâncias voláteis específicas para a atracção de parasitóides quando atacadas por um herbívoro. Contudo, no caso específico do gorgulho do eucalipto e do seu hospedeiro, a interacção planta-insecto é um assunto, ainda, pouco explorado. Assim, é impreterível o estudo dos compostos voláteis existentes em genótipos de eucalipto com diferentes graus de susceptibilidade, com vista na identificação dos compostos que conferem às plantas uma maior ou menor atracção a *G. scutellatus*.

As larvas apresentaram melhor performance no clone mais preferido no campo pelas fêmeas para oviposição. Semelhantes resultados foram encontrados por outros autores (Craig *et al.*, 1989; Leather, 1985), o que se justifica pela vantagem ecológica das fêmeas escolherem o melhor alimento para a sua descendência. No entanto, existem excepções documentadas em que a preferência das fêmeas não coincide com o melhor desenvolvimento larvar (Barre *et al.*, 2002; Thompson, 1988). Tal poderá dever-se a uma ausência de coevolução planta-insecto.

Todavia, as diferenças no desenvolvimento das larvas ainda que significativas, foram pouco expressivas. A pergunta lógica será se estas diferenças no desenvolvimento larvar serão suficientes para proteger as plantas, o que na presente situação não parece plausível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que a desfolha causada por *G. scutellatus* tem um efeito muito significativo na produtividade dos povoamentos de eucalipto, podendo provocar perdas de produção com grande significado económico, estimando-se cerca de 40% a 90% de perdas de volume de madeira utilizável, para desfolhas médias a severas, respectivamente. Na verdade, a perda de volume pode ser ainda maior do que a estimada neste trabalho, uma vez que o modelo usado na extrapolação dos dados se baseia apenas na altura e diâmetro medidos num determinado momento de idade das árvores, não se considerando o efeito da desfolha no crescimento futuro das árvores. Por outro lado, existe a possibilidade de haver continuidade de desfolha nos anos subsequentes aos da realização dos inventários. Por estes dois motivos o método subestima as perdas reais, que serão ainda superiores àqueles valores. As elevadas perdas de produtividade estimadas indicam a necessidade de intervenção com medidas de gestão adequadas.

Nas zonas de montanha verificaram-se ataques mais severos, aumentando a desfolha em proporção directa com a altitude. Por sua vez, a altitude está fortemente relacionada com as taxas de parasitismo por *A. nitens*, fazendo-as variar de forma inversa. O facto de *E. globulus* ser mais sensível ao frio, por comparação com outras espécies, como *E. nitens*, pode também influenciar este resultado. Ficam por quantificar os parâmetros a partir dos quais as largadas de *A. nitens* são benéficas e economicamente viáveis. Nas zonas mais frias onde este parasita tem dificuldade em se estabelecer com sucesso, as largadas periódicas de *A. nitens* poderão não ser efectivas, devido às baixas quantidades de *A. nitens* libertadas comparativamente às elevadas quantidade de ootecas frescas. A solução, a médio prazo, poderá passar pela busca de novos parasitóides que não tenham como factor limitante as baixas temperaturas registadas nos períodos mais frios.

Numa segunda fase do trabalho procurou-se relacionar os estragos observados, isto é, a percentagem de copa afectada pela desfolha, com estimativas dos prejuízos, expressos em perdas de produção e medidos em volume de madeira utilizável. Estimou-se que as perdas na percentagem de volume de madeira utilizável aumentam exponencialmente com a intensidade de desfolha.

Estes resultados mostram que a desfolha causada pelo gorgulho tem um efeito muito significativo na produtividade dos povoamentos de eucalipto. Em plantações com ataques extremos, o retorno de madeira é quase nulo. Nestes casos, o investimento feito na plantação é um prejuízo adicional. Sob o ponto de vista económico, estima-se que os estragos causados pelo gorgulho produzam, nos povoamentos geridos pela AltriFlorestal, uma perda de produtividade média de, aproximadamente, $11.430\text{m}^3.\text{ano}^{-1}$, o que equivale a cerca de 343.000€ anuais, aos preços actuais da madeira de eucalipto. Esta estimativa peca

por defeito, pois não entra em linha de conta com a perda de expectativa resultante do investimento feito no terreno em exploração onde não se verificou qualquer retorno, nem com os custos de tratamento e monitorização. No total, estima-se que os prejuízos se elevem a mais de 3,2 milhões de euros, quando os povoamentos actualmente atacados venham a atingir a idade de corte.

Estes valores de perdas tão expressivos deveriam ser usados pela empresa para a criação de condições efectivas de luta contra esta praga. De alguma forma, há que mobilizar recursos e meios para o desenvolvimento de acções concertadas, envolvendo proprietários particulares e empresas. Estas acções serão particularmente importantes nas medidas por controlo biológico.

Verificou-se existir diferenças ao nível da resistência dos materiais genéticos a *G. scutellatus*. Num ensaio de oviposição verificou-se que a maior percentagem de desfolhada revelada pelos clones mais susceptíveis está relacionada com uma maior atractividade, ou seja, as fêmeas de *G. scutellatus* preferem essas plantas para depositar os ovos. A identificação de possíveis compostos voláteis atractivos ou repulsivos para as fêmeas poderá ser explorada para estratégias de controlo biotécnico. Para isso será necessário desenvolver outros trabalhos de investigação, para identificar possíveis compostos que possam exercer um efeito atractivo ou repulsivo sobre as fêmeas.

Num ensaio de alimentação larvar, em condições laboratoriais, verificou-se que os clones identificados no campo como mais susceptíveis, são também mais favoráveis ao desenvolvimento das larvas de gorgulho. Estes resultados terão de ser aprofundados com o conhecimento da composição foliar dos diferentes materiais. Será ainda pertinente verificar se as diferenças de desenvolvimento larvar têm repercussões ao nível das populações de *G. scutellatus* no campo, como a alteração da fertilidade das fêmeas ou diferenças ao nível das desfolhas causadas pelas larvas e pelos insectos adultos.

A tolerância das plantas à herbivoria, isto é, a sua capacidade de crescimento após a desfolha, é também um factor importante a ser estudado. De facto, a intervenção ao nível da selecção e utilização das diferenças genéticas entre indivíduos é um tema ainda muito pouco aprofundado, mas que poderá ser um passo importante no combate a pragas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFN (Autoridade Florestal Nacional) (2010). 5º Inventário Florestal Nacional. Apresentação feita no dia 7 de Setembro de 2010, no Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.
- Agrawal, A.A., Kotanen, P.M. (2003). Herbivores and the success of exotic plants: a phylogenetically controlled experiment. *Ecology Letters* **6**, 712–715.
- Alves, A.C., Lourenção, A.L., Melo, A.M.T. (2005). Resistência de genótipos de aboboreira a *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). *Neotropical Entomology* **34**, 973-979.
- Araújo, J., Meierrose, C., Carvalho, A.S. (1985). Distribuição de *Phoracantha semipunctata* Fab. (Coleoptera, Cerambycidae) no Sul de Portugal: observações preliminares. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia* **4**, 317-322.
- Arzone, A., Meotto, F. (1978). Reperti biologici su *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae) infestante gli eucalшти della Riviera Ligure. *Redia* **61**, 205–222.
- Awmack, C.S., Leather, S.R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* **47**, 817-844.
- Bailey, J.K., Wooley, S.C., Lindroth, R.L., Whitham, T.G. (2006). Importance of species interactions to community heritability: a genetic basis to trophic-level interactions. *Ecology Letters* **9**, 78-85.
- Barre, F., Milsant, F., Palasse, C., Prigent, V., Goussard, F., Géri, C. (2002). Preference and performance of the sawfly *Diprion pini* on host and non-host plants of the genus *Pinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **102**, 229-237.
- Borralho, N.M.G., Almeida, M.H., Potts, B.M. (2007). O melhoramento do eucalшти em Portugal. In O Eucalшти em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica. Eds. Alves, A.M., Pereira, J.S., Silva, J.M.N. ISAPress, Lisboa, 61-110.
- Branco, M. (2007). Agentes bióticos do eucalшти em Portugal. Em: O eucalшти em Portugal. Impactes Ambientais e Investigação Científica. Eds. A.M. Alves, J.S. Pereira, J.M.N. Silva pp 255-282. ISAPress. Lisboa, ISBN 978-972-8669-25-6.
- Carnegie, A.J., Ades, P.K. (2005). Variation in *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. nitens* Dean and Maiden in Susceptibility of Adult Foliage to Disease Caused by *Mycosphaerella cryptica* (Cooke) Hansf. *Silvae Genetica* **54**(4-5), 174-184.

- Clarke, A.R., Paterson, S., Pennington, P. (1998). *Gonipterus scutellatus* oviposition on seven naturally co-occurring Eucalyptus species. *Forest Ecology and Management* **110**, 89–99.
- Cordero Rivera, A.; Santolamazza Carbone, S.; Ancrés, J.A. (1999). Life cycle and biological control of the Eucalyptus snout beetle (Coleoptera, Curculionidae) by *Anaphes nitens* (Hymenoptera, Mymaridae) in north-west Spain. *Agricultural and Forest Entomology* **1**, 103-109.
- Cordero Rivera, A., Santolamazza Carbone, S. (2000). The effect of three species of Eucalyptus on growth and fecundity of the Eucalyptus snout beetle (*Gonipterus scutellatus*). *Forestry* **73**, 21-29.
- Cordero Rivera, A., Santolamazza Carbone, S. (2003). Eucalyptus, *Gonipterus* y *Anaphes*: un ejemplo de control biológico en un sistema tri-trófico. Actas del Simposio Internacional sobre Socioeconomía, Patología, Tecnología y Sostenibilidad del Eucalipto. Cátedra ENCE, pp. 81-94.
- Cowles R, Downer, J. (1995). Eucalyptus snout beetle detected in California. *California Agriculture* **49**, 38–40.
- Craig, T.P., Itami, J.K., Price, P.W. (1989). A strong relationship between oviposition preference and larval performance in a shoot-galling sawfly. *Ecology*. **70**, 1691-1699.
- Cyr, H., Pace, M.L. (1993). Magnitude and patterns of herbivory in aquatic and terrestrial ecosystems, *Nature* **361**, 148–150.
- Debach, P., Rosen, D. (1991). *Biological Control by Natural Enemies*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 440 pp.
- Dix, M.E., Harrel, M., Klopfenstein, N.B., Barkhouse, K., King, R., Lawson, R. (1996). Insect Infestations and Incidence of Western Gall Rust Among Ponderosa Pine Sources Grown in the Central Great Plains. *Environmental Entomology* **25**(3), 611-617.
- Dugravot, S., Sanon, A., Thibout, E., Huignard, J. (2002). Susceptibility of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its Parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to Sulphur-Containing Compounds: Consequences on Biological Control. *Entomological Society of America* **31**(3), 550-557.
- Dungey, H.S., Potts, B.M., Carnegie, A.J., Ades, P.K. (1997). *Mycosphaerella* leaf disease: genetic variation in damage to *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*, and their F₁ hybrid. *Canadian Journal of Forest Research* **27**, 750-759.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2005). Data sheets on quarantine pests: *Gonipterus gibberus* and *Gonipterus scutellatus*. *EPPO Bulletin* **35**, 368-370.
- Floate, K.D., Martinsen, G.D., Whitham, T.G. (1997). Cottonwood hybrid zones as centres of abundance for gall aphids in western North America: Importance of relative habitat size. *Journal of Animal Ecology*. **66**(2), 179-188.
- Florestas de Portugal = Forests of Portugal. (2000). Direcção-Geral das Florestas ; coord. José Neiva Vieira, Maria José Pinto, Rute Pereira. Lisboa : DGF, ISBN 972-8097-38-7.
- Floyd, R., Foley, J. (2001). Identifying pest resistant eucalypts using near-infrared spectroscopy. Canberra, Australia, RIRDC Publication 01/112.
- Frappa, C. (1950) Sur la presence de *Gonipterus scutellatus* Gyll. dans les peuplements d'Eucalyptus de Madagascar et l'acciltement d' *Anmophoidea nitens* Gir. Insecte auxiliaire parasite. *Revue Pathologique Vegetale* **29**, 369-375.
- Freitas, S. (1991). Observações sobre a alimentação de *Gonipterus gibberus* (Boisduval, 1835) (Coleoptera, Curculionidae) em eucaliptos. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **20**(2), 333-338
- Freitas, S., Berti Filho, E. (1994). Efeito do desfolhamento no crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Myrtaceae). *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais* **47**, 36-43.
- Fritz, R.S., Nichols-Orians, C.M., Brunsfeld, S.J. (1994). Interspecific hybridization of plants and resistance to herbivores - hypotheses, genetics, and variable responses in a diverse herbivore community. *Oecologia* **97**(1), 106-117.
- Fritz, R.S. (1999). Resistance of hybrid plants to herbivores: genes, environment, or both? *Ecology* **80**(2), 382-391.
- Goverder, M., Bazin, A., Shykoff, J.A., Erhardt, A. (1999). Influence of leaf chemistry of *Lotus corniculatus* (Fabaceae) on larval development of *Polyommatus icarus* (Lepidoptera, Lycaenidae): effects of elevated CO₂ and plant genotype. *Functional Ecology* **13**, 801-810.
- Hanks, L.M., Millar, J.G., Paine, T.D., Campbell, C.D. (2000). Classical biological control of the Australian weevil *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae) in California. *Biology Control* **29**, 269-375.

- Hanover, J.W. (1980). Breeding forest trees resistant to insects. In: Maxwell, F.G. e Jennings, P.R. (Editors). *Breeding Plants Resistant to Insects*. John Wiley & Sons, New York. pp 488-511.
- Heidger, C.M., Lieutier, F. (2002). Possibilities to utilize tree resistance to insects in forest pest management in Central and Western Europe. *Mechanisms and deployment of resistance in trees to insects*. M.R. Wagner *et al.* Editors. Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 239-263.
- Hill, T.A. (1977). *The Biology of Weeds*. Edward Arnold Ltd. London. 64 pp.
- Hodge, G.R., Dvorak, W.S. (2000). Differential responses of Central American and Mexican pine species and *Pinus radiata* to infection by the pitch canker fungus. *New Forests* **19**, 241-258.
- Huerta Fuentes. A., Chiffelle Gómez, I., Serrano Garzón, M., Vásquez Silva, T. (2008a). Perfiles proteicos de estados de desarrollo de *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana de Entomología* **33**(2).
- Huerta Fuentes. A., Chiffelle Gómez, I., Serrano Garzón, M., Vásquez Silva, T., Araya Clericus, J. (2008b) Susceptibilidad de especies de eucalipto a *Gonipterus scutellatus* y perfiles electroforéticos de proteínas marcadoras del adulto. *Agrociencia* **42**, 327-334.
- le Cocq, T. L., Quiring, D., Verrez, A., Park, Y.S. (2005). Genetically based resistance of black spruce (*Picea mariana*) to the yellowheaded spruce sawfly (*Pikonema alaskensis*). *Forest Ecology and Management* **215**, 84–90.
- Jactel, H., Menassieu, P., Kleinhert, M. (1996). La vigueur accroît la sensibilité du pin maritime à la pyrale du tronc, *Dioryctria sylvestrella*. Interactions insectes -plantes: Actes des 5e journées du groupe de travail Relations insectes-plantes, Montpellier, France.
- Karban, R., Baldwin, I.T. (1997) *Induced Responses to Herbivory*, University of Chicago Press
- Keane, R.M., Crawley, M.J. (2002). Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology & Evolution* **17**, 164–170.
- Kevan, D.K.E. (1946). The Eucalyptus weevil in East Africa. *East African Agricultural Journal* **12**, 40-44.
- Kirkpatrick, J.B. (1975). Geographical variation in *Eucalyptus globulus*. Canberra, *Australian Government Publishing Service* **47**, 64pp.

- Lanfranco, D., Dungey, H.S. (2001). Insect damage in Eucalyptus: a review of plantations in Chile. *Australian Journal of Ecology* **26**, 477-481.
- Leather, S.R., (1985). Oviposition preferences in relation to larval growth rates and survival in the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Ecological Entomology* **10**, 213-217.
- Leather, S.R. (1987). Pine monoterpenes stimulate oviposition in the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **43**, 295-297. ISSN: 0013-8703.
- Lee, B. H., Choi, W. S., Lee, S. E. Park, B. S. (2001). Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) *Crop Protection* **20**, 317-320.
- Lehtilä, K., Syrjanen, K. (1995). Compensatory responses of two *Melampyrum* species after damage, *Functional Ecology* **9**, 511–517.
- Loch, A.D. (2005). Mortality and recovery of eucalypt beetle pest and beneficial arthropod populations after commercial application of the insecticide alpha-cypermethrin. *Forest Ecology and Management* **217**, 255-265.
- Lowman, M.D., Heatwole, H. (1992). Spatial and temporal variability in defoliation of Australian eucalypts. *Ecology* **73**, 129–142.
- Mansilla Vázquez, J.P. (1992). Presencia sobre *Eucalyptus globulus* Labill de *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae) en Galicia. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* **18**, 547-554.
- Mansilla Vázquez, J.P., Pérez Otero, R. (1996) El defoliador del eucalipto *Gonipterus scutellatus*. *Phytoma* (España) **81**, 36-42.
- McClure, M.S. (1980). Foliar Nitrogen: A Basis for Host Suitability for Elongate Hemlock Scale, *Fiorinia externa* (Homoptera: Diaspididae). *Ecology* **61**(1), 72-79.
- Milgate, A.W., Potts, B.M., Joyce, K., Mohammed, C., Caillancourt, R.E. (2005). Genetic variation in *Eucalyptus globulus* for susceptibility to *Mycosphaerella nubilosa* and its association with tree growth. *Australasian Plant Pathology* **34**, 11-18.
- Mossop, M.C. (1929). *Mymarid parasite of the Eucalyptus Snout-beetle*. *Science Bulletin*. Department of Agriculture and Forestry, *Union of South Africa* **81**, 1-19.
- O'Reilly-Wapstra, J.M., McArthur, C., Potts, B. (2002). Genetic variation in resistance of *Eucalyptus globulus* to marsupial browsers. *Oecologia* **130**, 289-296.
- Paine, T.D., Dahlsten, D.L., Millar, J.G., Hoddle, M.S., Hanks, L.M. (2000). UC scientists apply IPM techniques to new eucalyptus pests. *California Agriculture* **54**, 8-13.

- Paiva, M.R., Mateus, E., Farrall, M.H. (1993). Chemical ecology of *Phoracantha semipunctata* (Col., Cerambycidae): potencial role in eucalyptus pest management. *Bulletin OILB/SROB* **16**, 72-77.
- Parra, P.S., González, M.G. (1999). Gorgojo del eucalipto. Informativo Sanitario Vegetal: *Subgerencia de Tecnología Silvícolas* **2**, 1-12.
- Pasquier-Barre, F., Géri, C., Goussard, F., Auger-Rozenberg, M.A., Grenier, S., (2000). Oviposition preference and larval survival of *Diprion pini* on Scots pine clones in relation to foliage characteristics. *Agricultural and Forest Entomology* **2**, 185-192.
- Peacock, L., Lewis, M., Powers, S. (2001). Volatile Compounds from *Salix* spp. Varieties Differing in Susceptibility to Three Willow Beetle Species. *Journal of Chemical Ecology* **27**(10), 1943-1951.
- Pereira, R.C. (1997). Gonipterus: uma praga potencial de Eucalyptus do Brasil. *Folha Florestal, Viçosa. Janeiro*, 2.
- Pharisa, V.L., Kempa, T.R., Knavela, D.E. (2003). Host plant-emitted volatiles as a factor in susceptibility in vitro of Cucumis and Cucurbita spp. to the fungus Mycosphaerella melonis. *Scientia Horticulturae* **17**(4), 311-317.
- Prins, A.H., Verkaar, H.J. (1992). *Defoliation: do physiological and morphological responses lead to (over)compensation?* Em: Pests and Pathogens: Plant Responses to Foliar Attack (Ayres, P.G., ed.). *Bios Scientific* 13–31.
- Rabasse, J., Perrin, H. (1979). Introduction en France du charaçon de l'eucalyptus, *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae). *Annales de Zoologie et Ecologie Animale* **11**, 337-345.
- Raddi, P., Fagnani, A. (1981). Blister rust in maritime pine. *Eur. J. For. Path.* **11**, 187-190.
- Radich, M. (1994) Uma exótica em Portugal. *Ler História* 25:11-26.
- Ramezani, H., Singh, H. P., Batish, D. R., Kohli, R. K. (2002). Antifungal activity of the volatile oil Eucalyptus cicriodora. *Filoterapia* **73**, 261-262.
- Richardson, K.F., Meakins, R.H. (1986). Inter- and intra-specific variation in the susceptibility of eucalypts to the snout beetle *Gonipterus scutellatus*. (Coleoptera: Curculionidae). *South African Forestry Journal* **139**, 21–31.
- Robin, C., Desprez-Loustau, M.L. (1998). Testing variability in pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi*. *European Journal of Plant Pathology* **104**, 465–74.
- Rosenthal, J.P., Welter, S.C. (1995). Tolerance to herbivory by a stem-boring caterpillar in architecturally distinct maize and wild relatives, *Oecologia* **102**, 146–155.

- Rousi, M., Tahvanainen, J., Henttonen, H., Herms, D.A., Uotila, I. (1997). "Clonal variation in susceptibility of white birches (*Betula* spp.) to mammalian and insect herbivores" *Forest Science* **43**(3), 396-402.
- Sacchetti, G., Maietti, S., Muzzoli, M., Scaglianti, M., Manfredini, S., Radice, M., Bruni, R. (2005). Comparative evaluation of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry* **91**, 621-632.
- Sampo, A. (1976). Un Curculionidae Gonipterino australiano defogliatore dell'Eucalipto per la prima volta in Europa (Coleóptera Curculionidae). *Il Floricoltore* **13**, 86-87.
- Santolamazza Carbone, S., Fernandez, A.M. (2004). Testing of selected insecticides to assess the viability of the integrated pest management of the Eucalyptus snout-beetle *Gonipterus scutellatus* in north-west Spain. *Journal of Applied Entomology* **128**(9-10), 620-627.
- 620-627.Sanches, M.A. (2000). Parasitismo de ovos de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal, 1833 e *Gonipterus gibberus* Boisduval, 1835 (Coleoptera, Curculionidae) por *Anaphes nitens* (Girault, 1928) (Hymenoptera, Mymaridae) em Colombo (Paraná, Brasil). *Revista Arquivos do Instituto Biológico* **67**, 77-82;
- Schvester, D., Ughetto, F. (1986). Différences de sensibilité à *Matsucoccus feytaudi* DUC (Homoptera: Margarodidae) selon les provenances de pin maritime (*Pinus pinaster* AIT). *Annals of Forest Science*. **43**(4), 459-474.
- Smith, I.M., McNamora, D.G., Scott, P.R., Harris, K.M. (1992). *Quarantine pests for Europe*. CABI/EPPO. Wallingford, 1032pp.
- Sousa, E.M.R., Ferreira, L.J.C. (1996). *Gonipterus scutellatus* Gyll., uma nova praga do eucalipto em Portugal. *Revista Florestal* **9**, 4-7.
- Stiling, P., Rossi, A.M. (1996). Complex effects of genotype and environment on insect herbivores and their enemies. *Ecology* **77**(7), 2212-2218.
- Strauss, S.Y., Agrawal, A.A. (1999), *The Ecology and evolution of plant tolerance to herbivory*. *Trends in Ecology and Evolution* **14**, 179-185.
- Thompson, J.N., (1988). Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **47**, 3-14.
- Tomé, M., Ribeiro, F., Soares, P., (2001). *O modelo GLOBULUS 2.1. Relatórios Técnico-Científicos do GIMREF, nº 1*. Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

- Tooke, F.G.C. (1955) *The eucalyptus snout-beetle, Gonipterus scutellatus* Gyll. A study of its ecology and control by biological means. Entomological Memoires Department of Agriculture Union of South Africa, Pretoria 3. 282p.
- Tribe, G.D. (2005). The present status of *Anaphes nitens* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the *Eucalyptus* snout beetle *Gonipterus scutellatus*, in the Western Cape Province of South Africa. *Southern African Forestry Journal* **203**, 49-54.
- Valente, C., Vaz, A., Pina, J., Manta, A., Sequeira, A. (2004). Control Strategy against the Eucalyptus snout beetle, *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera, Curculionidae), by the Portuguese Cellulose Industry. In *Eucalyptus in a Changing World*. N.M.G Borralho; J.S. Pereira; C. Marques; J. Coutinho; M. Madeira & M. Tomé (Eds). *Proceedings of IUFRO Conference*. Aveiro, 11-15 October. pp. 622-627.
- Van der Meijden, E., Wijn, M., Verkaar, H.J. (1988). *Defense and regrowth, alternative plant strategies in the struggle against herbivores*, *Oikos* **51**, 355–363.
- Welter, S.C., Steggall, J.W. (1993). Contrasting the tolerance of wild and domesticated tomatoes to herbivory: agroecological implications, *Ecology Applied* **3**, 271–278.
- Wilcken, C., Oliveira, N., Sartório, R., Loureiro, E., Bezerra Júnior, N., & Rosado Neto, G. (2008). Ocorrência de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) em plantações de eucalipto no Estado do Espírito Santo. *Revista Arquivos do Instituto Biológico* **75**, 113-115.
- Williams, J.R., Moutia, L.A., Hermelin, P.R. (1951) The biological control of *Gonipterus scutellatus* Gyll. (Col. Curculionidae) in Mauritius. *Bulletin of Entomological Research* **42**, 23-28.
- Wingfield, M.J, Swart, W.J. (1994). Integrated management of forest tree diseases in South Africa. *Forest Ecology and Management* **65**, 11-16.
- Wolfe, L.M. (2002). Why alien invaders succeed: support for the escape-from-enemy hypothesis. *The American Naturalist* **160**, 705–711.
- Zas, R., Sampedro, L., Prada, E., Fernández-López, J. (2005). Genetic variation of *Pinus pinaster* Ait. seedlings in susceptibility to the pine weevil *Hylobius abietis* L. *Annals of Forest Science* **62**, 681-688.